СЕКЦИЯ 11

«НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ Акимов С.С., Архапчева М.В. 1729

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ Аксютин А.А., Копылов К.Е., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1734

БЕСПИЛОТНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА Амандусов А.И., Магдин А. Г., канд .техн .наук, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А. А., канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д.А. 1738

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВОГО НАБОРА НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ Анохин К.Е., Гузь И.В. 1742

РАЗРАБОТКА РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМЫ Архапчева М.В., Акимов С.С. 1750

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН Арыкбаев И.М., Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент 1753

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА УЛУЧШЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ В ОКРУГЕ ЮЖНЫЙ БАНГКА, ПРОВИНЦИЯ ОСТРОВОВ БАНГКА БЕЛИТУНГ, ИНДОНЕЗИЯ Ирфан Афенди, Пищухин А. М., д-р техн. наук, профессор 1759

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ, ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИННОВАЦИИ Бабенышева А. С., Магдин А. Г., канд. техн. наук, доцент Горбунов А. А., канд. техн. наук доцент, Магдина Т. А., Припадчева Д. А.. 1766

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ДЕБИТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН Бексултанов Б. С., Береговая А.А. 1771

РАСПЫЛИТЕЛИ СИСТЕМ НАДДУВА ТОПЛИВНЫХ БАКОВ Близинцев Д.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор 1778

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ Болотов Р.С., Езерская Е.М., кан. пед. наук 1782

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В ЗДАНИЯХ И ПОМЕЩЕНИЯХ УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Гаврилин Н.С. 1786

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В АВИАСТРОЕНИИ Гаврилов А.А., Зиненков С.С., Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С. 1789

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ РОБОКАРА Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор, Гаврюшина Е.В. 1793

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ Кабаева Л.В., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент 1798

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ Псянчина Р.Р., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент 1801

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ Шнайдер О.Н., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент 1805

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ Глотов Е.М. 1809

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ Головин А.В. 1812

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОЛЕТНОМУ КОНТРОЛЛЕРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА Горбатенко Е.А. 1815

МОДИФИКАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ РАДИОПРОЗРАЧНЫХ ОБТЕКАТЕЛЕЙ Бурдук Д.Е., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент 1818

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КУЛАЧКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ Григорьев Д. С., Свиденко Е. В., канд. техн. наук, Исаева Г.С., Семенова О. И. 1821

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ЗАГЛУШКИ РДТТ Гузь И.В., Анохин К.Е., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент 1826

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ Гуньков С.А., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор 1830

ВАРИАНТЫ ВНЕШНЕГО ОБЛИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СХЕМЫ ЛЕТАЮЩЕГО КРЫЛА Девятов А.А., Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент 1834

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (РЛХ) ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Дудоров В.Б., доцент 1840

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ СО СЪЁМНЫМ КЕРНОПРИЁМНИКОМ Думинова А.С. 1845

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ Егоров В.В., Овечкин М.В., канд. техн. наук..... 1850

РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИИ Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С. 1853

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ Еремеев М.А. 1857

ВЫБОР ДАТЧИКА УРОВНЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА АО «КумАПП» Загидуллина А.У. 1860

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ ПАЙКИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Захаров И.С., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор..... 1864

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ Исмаилов Ж.А.о., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор ... 1871

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ Калмагамбетов А.Н., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент, Куватова Е.А., Ищейкина Т.С. 1876

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент..... 1879

ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Канчурин Р.Я., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор..... 1884

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ Кириков М.Р., Кирикова А.Р., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор 1888

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИИ ВАЛЬЦОВО-МАТРИЧНОГО ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРА Кириленко А.С., канд. техн. наук..... 1891

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕССУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ГРАНУЛЯТОРА С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ Кириленко А.С., канд. техн. наук, Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент 1898

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ Китченко В.А. 1907

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ УЗЛОВ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА РАННИХ ЭТАПАХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ Клещарева А.В. 1912

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ Комарова Е.А., Магдин А.Г., Припадчев А.Д, д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д.А. 1915

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СФЕРЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент, Корнипаева А.А., канд. техн. наук 1918

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕНОСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ПРИ СБОРКЕ СУХИХ ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ Крамар В.С. 1921

КАК ТЕХНОЛОГИЯ 3D ПЕЧАТИ ПОВЛИЯЛА НА ПРОИЗВОДСТВО ДРОНОВ Красницкий Б. М., Магдин А. Г. канд. техн. наук, Горбунов А. А. канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д. А. 1924

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ АВИАСТРОЕНИИ Красноборцева Е.А., Магдин А. Г., канд.техн.наук..... 1927

АНАЛИЗ РОТОРНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ СИСТЕМ Лаврентьев М.Д. 1930

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Мантров Д.Н., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор..... 1933

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ СТАНКА ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ Марков С.Н., Овечкин М.В., канд. техн. наук 1936

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИН ИЗ ТВЁРДОГО СПЛАВА Русакова О.А., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент..... 1939

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ Медведева Ю.О., Магдин А.Г.,канд. техн. наук, Припадчев А.Д, д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдина Т.А. 1944

ВОЗМОЖНОСТИ, КОТОРЫЕ ОТКРЫВАЕТ ВЕБ-РАЗРАБОТКА В PLM-СИСТЕМАХ Мостовых Н.С., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор..... 1947

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ Мустафин А.И., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент..... 1950

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАКЕТОСТРОЕНИИ Никитин И.С. 1953

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК Нимыкин И.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1956

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И БЕСПИЛОТНИКИ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Новиков И.А., Магдин А. Г., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А. Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А. А., канд. техн .наук, доцент 1961

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Носанова Л.К., Магдин А. Г., канд. техн. наук, Припадчев А. Д., д-р техн. наук, Горбунов А. А., канд. техн. наук 1964

ПРИМЕНЕНИЕ CAD-СИСТЕМ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ Носков Д.А., Солдатов Д.С. 1969

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ Мусина Р.Р., Овечкин М.В., канд. техн. наук 1972

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Баимов А.С., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор 1976

КБ «МАШИНОСТРОЕНИЕ» ОГУ ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТА И РЕГИОНА Поляков А.Н., д-р техн. наук, професор, Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент, Гончаров А.Н., канд. техн. наук, Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент, Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Позевалкин В.В., канд. техн. наук, Логинов В.А., Романенко К.С. 1980

СУЩНОСТЬ АРГОННОДУГОВОЙ СВАРКИ Приймак Т.В., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент 1984

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Припадчева Д.А., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор 1989

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Гусаков А.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1993

СОСТАВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ Мельниченко М.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1997

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГОФРИРОВАННОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА Султанов А.Т., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 2001

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИА- И РАКЕТОСТРОЕНИИ Пугачев Д. В., Негматуллин Д. Р., Езерская Е. М., канд. пед. наук, Езерский Д.С. 2005

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МОДУЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН Пчелинцев М. Н., Шафиев Р. Р. 2008

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ WC–CO Ревяко С.В., Юршев И.В., начальник испытательной лаборатории, Великанов А.А., Гусева Н.А. 2011

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ В ПРИВОДАХ МЕДЛЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ Решетов С. Ю., канд. техн. наук, доцент 2018

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЫЛЕНИЕМ Рудницкий А.В., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент, Карабажак Т.Б., Шамсутдинова Е.И. 2022

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ Сагдеев Н.Р., Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, доцент, Ампилогов И.А., Кориков И.А. ... 2029

УПРОЧНЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ Т14К8 МЕТОДАМИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ Свиденко Е.В., канд. техн. наук 2032

ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА Т15К6 Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Углов В.В., Григорьев Д.С. 2037

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ ВК10 Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Углов В.В., Григорьев Д.С. 2044

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МЕТАЛЛО- И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ Серегин А.А., канд. техн. наук, доцент 2049

ОБЗОР ЛИНЕЙНЫХ ПЛАНИРОВОК РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ Симутов Д.А., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент 2052

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CAD-СИСТЕМ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ Солдатов Д.С., Носков Д.А. 2056

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРОИЗВОДСТВЕ Степанников А.Д., Овечкин М.В., канд. техн. наук, доцент 2060

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕСС СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СТАЛИ 5ХНМ Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р., Шалимов А.В., Иванова О.А. . 2064

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Татаренко А.А. 2072

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМОМЕТРА KISTLER В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ Терентьев А.А., Логинов В.А. 2075

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОТ ФАКТОРОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Толокольникова Е.С., Козлова Е.А. 2079

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАННЫХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ Третяк С.Е., Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент 2086

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ЭТАЛОННОГО ОПИСАНИЯ КЛАССОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С. 2091

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ НА МАСТЕР-КЛАССАХ КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ СФЕРА ПАРТНЕРСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент, Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент 2095

НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ Хайдаров Т.Д., Циклер О.В. 2100

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКОЙ Ходжаев М.М., Псянчина Р.Р., Рулев Д.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 2107

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПАЛЛЕТОУКЛАДЧИКА КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ Цуканов А.В. 2110

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ИХ СВОЙСТВА Цыбиногина Н.В., Кравцов А.Г., канд. техн. наук, доцент, Ампилогов И.А., Козлов В.А. 2113

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВ Цыбиногина Н.В., Кравцов А.Г., канд. техн. наук, доцент, Великанов А.А., Исимбаева Н.А. 2117

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЛАСТИНЫ И УСТАНОВКА ПРИЧИНЫ ЕЕ ПОЛОМКИ Цыбиногина Н.В., Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент, Великанов А.А., Зиннурова М.Г. 2123

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА АБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Чегодаев Е.Е., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор 2127

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТИХОХОДНОГО ВАЛА ГЛАВНОГО РЕДУКТОРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА СООСНОЙ СХЕМЫ Черноусов Е.А., Касимов Р.А., Кашапов Т.Д., Решетов С.Ю., канд.техн.наук, доцент 2130

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИКА ВОЗДУХОСБОРНИКА ОБЪЕМОМ 20 $м^3$ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ Честин Е. Н. 2135

ОБЗОР ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Шафиев Р.Р., Пчелинцев М.Н., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент 2138

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИ НА ЭТАПЕ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЕКТАХ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА Шумилина Н.А..... 2141

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ИНОСТРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РОБОТОВ МАНИПУЛЯТОРОВ Юдин В.И. 2147

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТАНТАЛА, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И КОРРОЗИОННЫХ НАГРУЗКАХ Юсупов Р.Ю., Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор 2151

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Акимов С.С., Архапчева М.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Интенсивное развитие информационных технологий в настоящее время обеспечили переход к цифровой экономике, что существенно расширило возможности развития разнообразных отраслей. Современные интеллектуальные технологии, являющиеся основой для такого перехода, позволяют находить новые возможности для развития [1].

Важнейшей сферой человеческой деятельности является сельское хозяйство и, вместе с тем, насыщенность сельскохозяйственных предприятий современными информационными технологиями на данный момент времени недостаточна [2]. В большей степени это касается молочного животноводства, по показателям которого наша страна не достигает объемов, заявленных в Концепции продовольственной безопасности.

Для решения проблем, повсеместно возникающих перед отраслью молочного животноводства, необходимо применять современные программные продукты, призванные обеспечивать анализ и управление системами данных, характеризующих все элементы деятельности указанной отрасли. Однако узкая специализация подобных программ вынуждает создавать новые их образцы под конкретные задачи и особенности функционирования предприятий сельского хозяйства [3].

Задача повышения продуктивности молочного производства, столь актуальная для нашей страны, не может быть решена без применения элементов системного анализа и управления сложными разноформатными данными. Обработка подобных данных возможна при помощи онтологического инжиниринга, с последующей формализацией математических моделей, составляющих обобщенную систему взаимных взаимодействий разнообразных данных.

Онтология является формальным выражением концептуальных знаний о какой-либо предметной области [4]. Для ее разработки необходимо выявить и записать все элементы, образующие какую-либо предметную область.

Для полного описания онтологии необходимо остановиться на ее элементах. Поскольку эффективность напрямую зависит от молочной продукции, то именно ее необходимо поставить во главу онтологической схемы. Покупатели и финансовые ресурсы являются выходными потоками для молочной продукции, при этом финансовые ресурсы имеют связи с организацией молочного животноводства, оборудованием, разведением животных [5].

Молоко производят животные-производители; основные показатели, оказывающее на них влияние – разведение, выращивание поголовья, воспроизвод-

ство. На все эти показатели оказывают влияние федеральные законы, стандарты, санитарный надзор, инфраструктура.

Несмотря на то, что онтологии являются средством представления знаний, само их представление может быть различно. Самым распространенным представлением онтологических взаимосвязей являются сети семантических отношений [6].

Концептуальная схема онтологии приведена на рисунке 1.

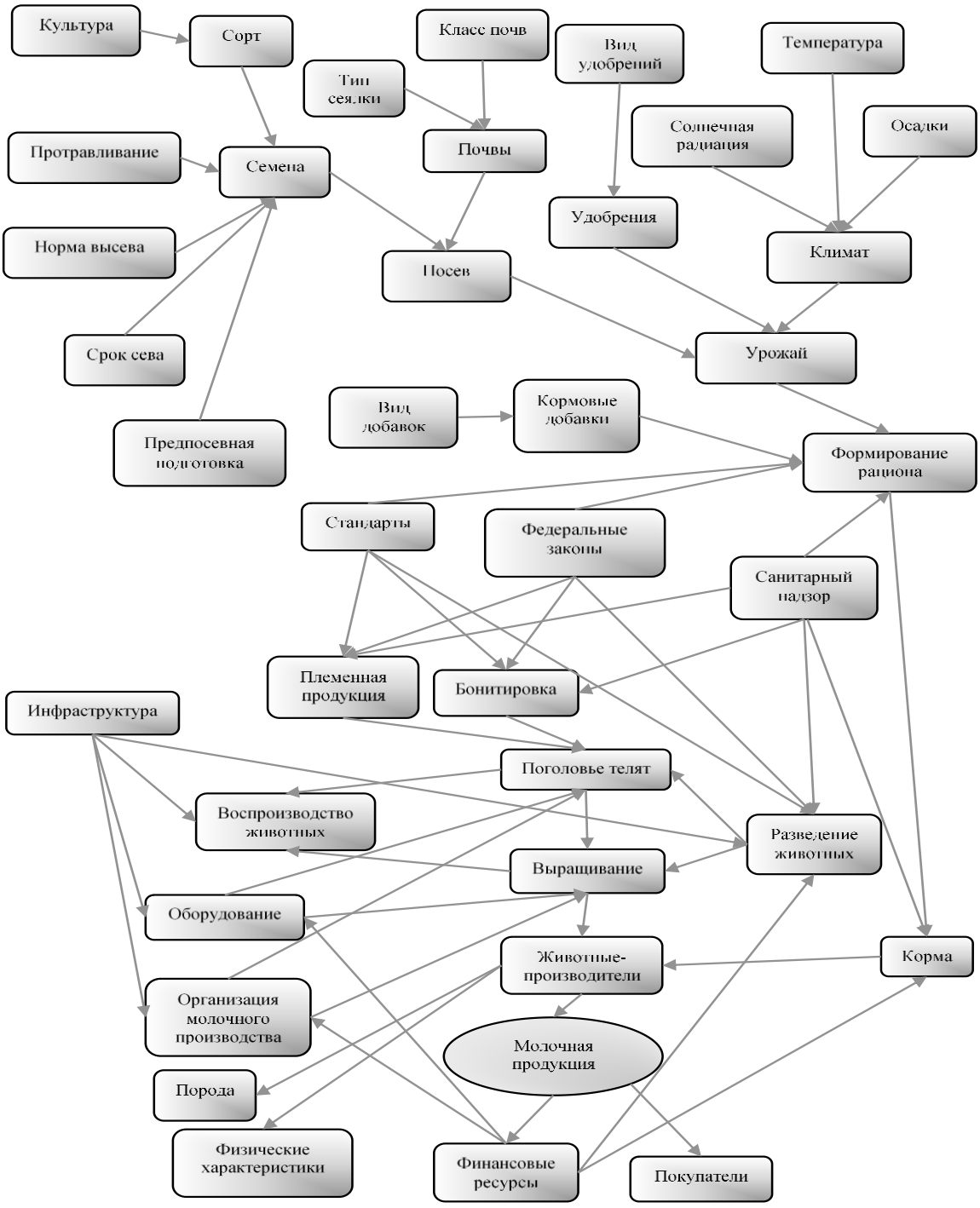


Рисунок 1 – Концептуальная схема онтологии производства молочной продукции

Создание концептуальной схемы онтологии дает возможность определить, проанализировать и выявить связи между разнообразными факторами, определяющих течение тех или иных процессов [7]. Комплексный анализ сочетаний факторов, с учетом их взаимных связей, определяет возможность повышения эффективности процесса производства молочной продукции на предприятиях.

Следующим этапом при создании онтологии можно считать процесс создания иерархии классов, характеризующую раскрываемый процесс молочного производства более структурно [8]. Представленная структура классов определяет вклад в итоговый результат каждого учтенного фактора.

Иерархия классов отображена на рисунке 2.

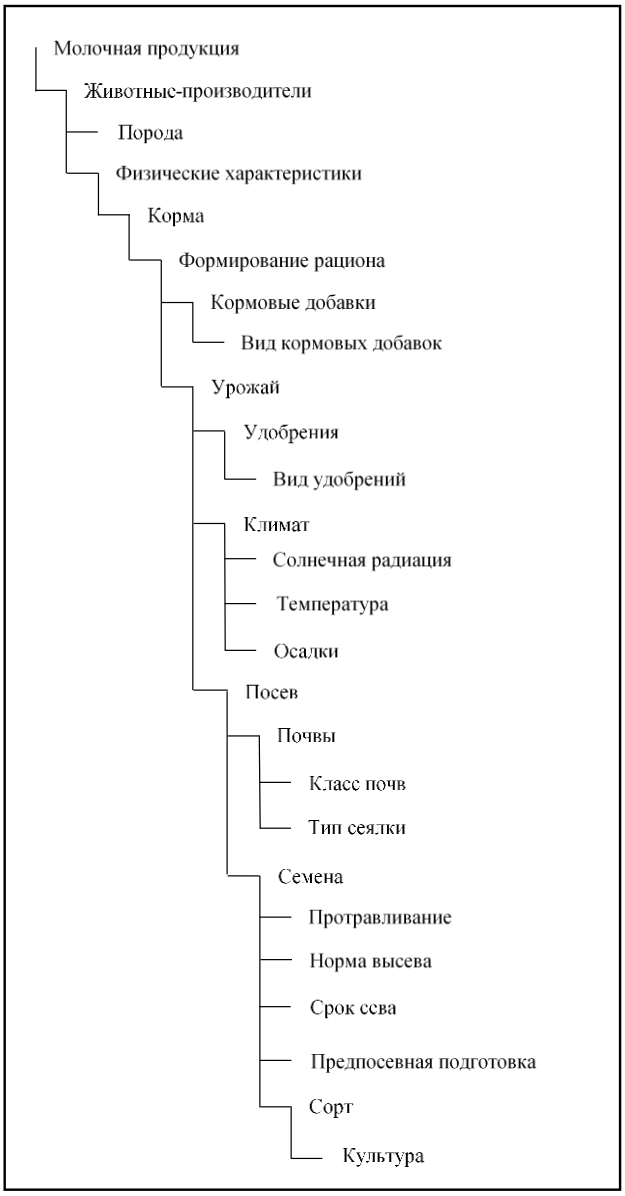


Рисунок 2 – Фрагмент иерархии классов онтологии для производства молочной продукции

Полученная иерархия классов позволила выделить ключевые понятия, применяемые для характеристики молочного производства, а также характеризует отношения между указанными понятиями.

Для большей наглядности с точки зрения управления процессом производства необходимо преобразовать полученную онтологию в набор причинно-следственных связей, с указанием управляющих воздействий [9]. Подобную интерпретацию процесса можно получить посредством построения схемы Исикавы.

Схема Исикавы позволяет учитывать все составляющие на единый процесс [10]. Более того, можно разделить потоки на входящие и управленческие. Объединив все известные потоки в одну схему, получим следующую схему (рисунок 3).

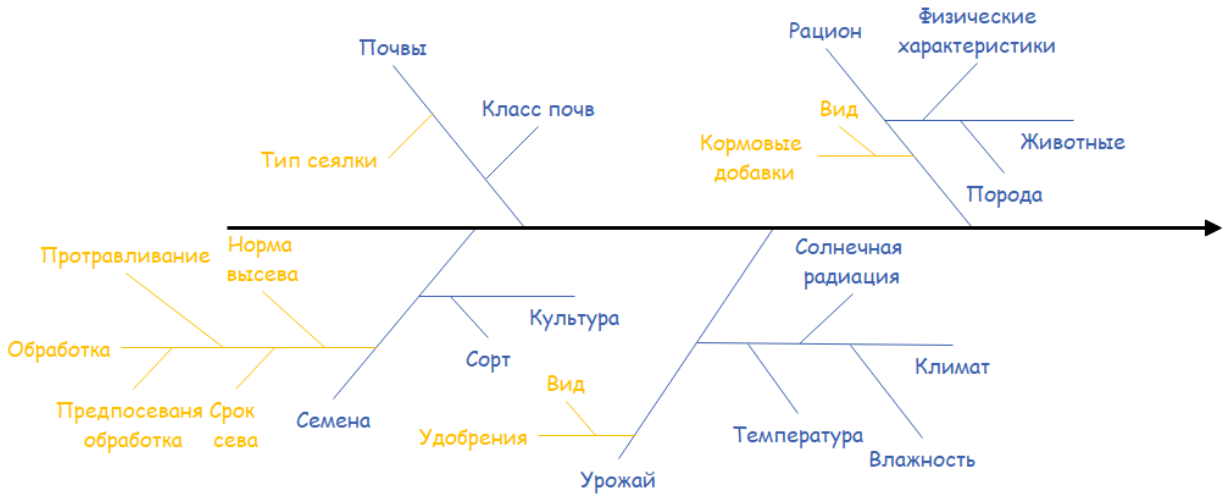


Рисунок 3 – Схема Исикавы, отображающая процесс молочного производства

На данном рисунке синим цветом выделены входящие потоки, желтым – потоки управления. Данная схема показывает последовательное влияние выявленных показателей.

Таким образом, в результате проведенного исследования получена модель онтологии, которая выявляет ключевые показатели и связи между ними, иерархия классов показателей, а также схема Исикавы, определяющие место и последовательность воздействия фактора на изучаемый объект.

Список литературы

1 Болодурина, И. П. Разработка системы поддержки принятия решений для повышения продуктивности молочного животноводства / И. П. Болодурина, С. А. Соловьев, С. С. Акимов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 36-44.

2 A multidimensional approach to assessing the elemental status of an organism / S. Akimov, P. Vedeneev, E. Kiyaeva [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 913, No. 1. – P. 012002.

3 Акимов, С. С. Моделирование продуктивности хозяйства молочного животноводства / С. С. Акимов // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2022. – № 1. – С. 25-32.

4 Akimov, S. Multidimensional model for estimating the error in the diagnosis of the organism elemental status / S. Akimov, P. Vedeneev, A. M. Pishchukhin // International Review of Automatic Control. – 2018. – Vol. 11, No. 4. – P. 198-202.

5 Акимов, С. С. Алгоритм оценки продуктивности молочного скотоводства / С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 26–27 января 2022 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. – С. 1466-1469.

6 Influence of agrometeorological factors on wheat yields / G. N. Sandakova, I. N. Besaliev, A. L. Panfilov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012022.

7 Акимов, С. С. Система поддержки принятия решений для производства молочной продукции / С. С. Акимов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : Сборник материалов X Всероссийской конференции, Оренбург, 18–19 ноября 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 85-88.

8 Cumulative indicator of quality of grain for strong wheat for conditions of strongly continental climate / G. N. Sandakova, I. N. Besaliev, A. L. Panfilov, S. S. Akimov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012098.

9 Акимов, С. С. Построение СППР на основе онтологии молочного производства / С. С. Акимов, И. П. Болодурина // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11. – № 1(39). – С. 64-75.

10 Акимов, С. С. Оценка воздействия микроэлементов на продуктивность молочного животноводства / С. С. Акимов, В. А. Трипкош, М. В. Архапчева // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (шифр -МКСС), Москва, 06 октября 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. – С. 77-81.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Аксютин А.А., Копылов К.Е., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В последние годы электрооборудование АТС стабильно занимает лидирующие позиции в перечне характерных неисправностей. Наибольшая часть отказов приходится на аккумуляторную батарею – 42%, генератор и стартер – до 11%.

В связи с этим, в качестве объекта исследования была выбрана система электроснабжения и пуска АТС.

Степень работоспособности аккумуляторной батареи является отношением напряжения под нагрузкой к напряжению новой исправной батареи [5, 8]:

$$SOH_{Б} = \frac{U_{cr} - U_0}{U_{new} - U_0}, \quad (1)$$

где U_{cr} – минимальное напряжение во время запуска ДВС, В;

U_{new} – максимальное значение напряжения под нагрузкой новой АКБ, В;

U_0 – минимально допустимое напряжение под нагрузкой, В.

Аналогично, степень работоспособности генератора можно рассчитать как отношение его напряжения к номинальному регулируемому напряжению [1, 2]:

$$SOH_{Г} = \frac{U_г^i}{U_г^{ном} - r_г \cdot I_г}, \quad (2)$$

где $U_г^i$ – текущее напряжение генератора, В;

$U_г^{ном}$ – номинальное напряжение генератора, В.

$r_г$ – внутреннее сопротивление генератора, Ом;

$I_г$ – сила тока генератора, А.

Сопротивление генератора определятся его номинальным током. Увеличение номинальной силы тока приводит к снижению внутреннего сопротивления генератора. Установлено, что сопротивление генератора равно отношению некоторой постоянного коэффициента к номинальной силе тока:

$$r_г = \frac{1.6}{I_г^{ном}}, \quad (3)$$

Величина этого коэффициента обусловлена необходимостью заряда аккумуляторной батареи при максимальном токе генератора.

Процесс эксплуатации электростартера сопровождается его износом и возникновением различных неисправностей, что приводит к увеличению внутреннего сопротивления. Вычисление внутреннего сопротивления на борту АТС может быть выполнено с помощью закона Ома для участка цепи. Так как электростартер представляет собой двигатель постоянного тока, то вычисление его

внутреннего сопротивления затрудняется наличием противо-ЭДС, возникающей в момент вращения якоря. Следовательно, необходимо выбрать момент времени когда якорь электростартера неподвижен. В процессе запуска двигателя такой момент времени сопровождается экстремальными значениями тока и напряжения: минимальной величиной напряжения U_{cr} и максимальной силой тока I_{cr}.

Отношение текущего значения внутреннего сопротивления к сопротивлению нового электростартера может быть использовано для вычисления его степени работоспособности [3]. Тогда степень работоспособности электростартера можно найти по формуле (4):

$$SOH_c = \frac{R_{ст}^{new}}{R_{ст}} = \frac{U_{cr}/I_{cr}^{max}}{U_{cr}/I_{cr}} = \frac{I_{cr}}{I_{cr}^{max}}, \quad (4)$$

где I_{cr} – максимальное значение силы тока электростартера в процессе запуска двигателя, А;

R_{cm}^{new} – внутреннее сопротивление нового электростартера, Ом;

I_{cr}^{max} – максимальное значение силы тока нового электростартера в процессе запуска двигателя, А;

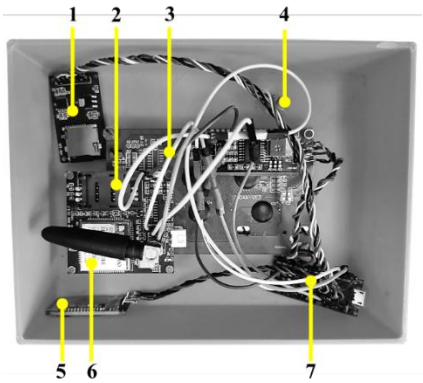
$R_{ст}$ – текущее значение внутреннего сопротивления электростартера, Ом.

Архитектура бортового комплекса включает в себя: внешние датчики тока, напряжения и температуры, блок сбора телеметрических данных, размещенный в подкапотном пространстве, а также блок индикации и передачи данных, связанный с ним по каналу BLUETOOTH. Бортовой комплекс может быть дополнительно оборудован GSM-передатчиком, который отправляет данные на автотранспортное предприятие.

Программное обеспечение было создано в среде разработки Arduino IDE [10]. Программный код был написан на языке программирования C++. Для работы программного кода были подключены библиотеки: <microDS18B20.h> (для работы высокоточного датчика температуры DS18B20), <SoftwareSerial.h> (для связи между микроконтроллерами Arduino, а также для работы SIM900 GPRS/GSM модуля), <SD.h> (для работы модуля чтения SD карты), <LiquidCrystal_I2C.h> (для работы дисплея). Для Bluetooth модуля hc-05 используется программный UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Для его работы так же необходима библиотека <SoftwareSerial.h>. Для остальных датчиков не требуется подключение специализированной библиотеки, так как они подключены к аналоговым пинам Arduino.

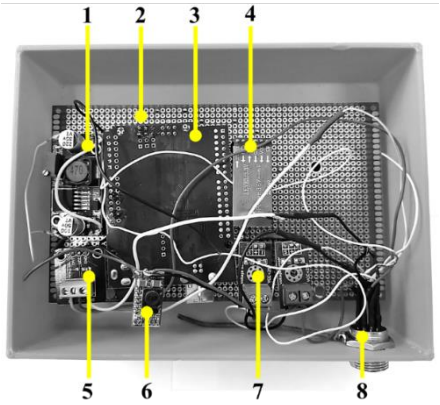
На рисунке 1 представлена внутренняя компоновка салонного блока индикации, который включает в себя монохромный жидкокристаллический многострочный дисплей, микропроцессор Arduino Nano, модуль карты памяти, GSM-передатчик с разъемом для SIM-карты, модуль Bluetooth и аварийную лампу.

Блок сбора и обработки информации состоит из стабилизатора напряжения, макетной платы, на которой распаяны микропроцессор и дополнительные модули, микропроцессора Arduino Uno, Bluetooth-модуль, модуль датчика температуры, делитель питания контроллера, делитель питания датчиков и разъем входных устройств.



А)

1 – модуль SD-карты;
2 – разъем SIM-карты;
3 – дисплей;
4 – аварийная лампа;
5 – Bluetooth-модуль;
6 – GSM-модуль;
7 – Arduino Nano



Б)

1 – стабилизатор напряжения;
2 – макетная плата;
3 – Arduino Uno;
4 – Bluetooth-модуль;
5 – модуль датчика температуры;
6 – делитель питания контроллера;
7 – делитель питания датчиков;
8 – разъем входных устройств

Рисунок 1 – Блок индикации в салоне (А), блок сбора информации (Б)

На основе информации с датчиков, производится вычисление степеней работоспособности, численные значения которых определяют техническое состояние агрегатов системы электроснабжения и пуска [4, 6, 7, 9].

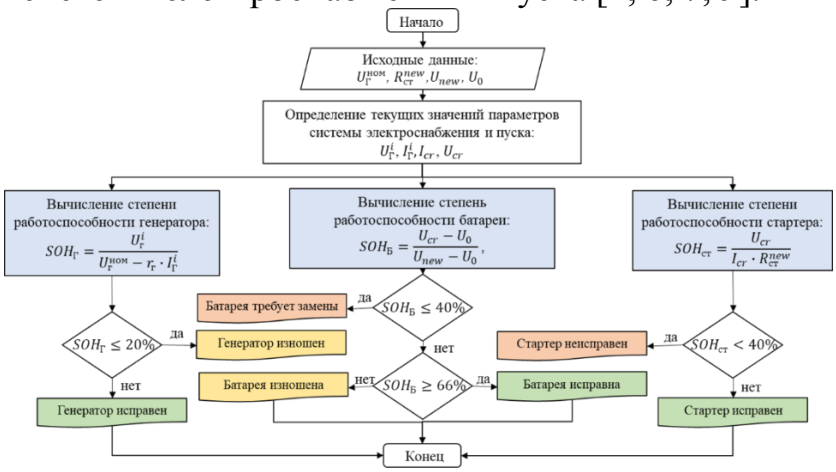


Рисунок 2 – Алгоритм определения технического состояния системы электроснабжения с помощью бортового устройства

Таким образом, были установлены теоретические выражения для вычисления расчетных параметров системы электроснабжения и пуска, позволяющие

оценить техническое состояние ключевых агрегатов: аккумуляторной батареи, генератора и электростартера.

Разработан бортовой телеметрический комплекс мониторинга параметров электрооборудования АТС. Бортовой комплекс выполнен в виде двух блоков, связанных по каналу Bluetooth. Создано программное обеспечение в среде разработки Arduino IDE. Разработан алгоритм определения технического состояния оборудования АТС с помощью бортового телеметрического комплекса.

Список литературы

1 Пузаков А.В., Копылов К.Е. Формирование структуры и апробация нагрузочного цикла системы электроснабжения автомобилей // Грузовик. – 2023. – №1. – С.3-9.

2 Пузаков А.В., Копылов К.Е. Определение неисправностей системы электроснабжения автомобиля по результатам дорожных испытаний // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2022. –№4 (78). – С.255-264.

3 Пузаков А.В., Телегин А.В., Копылов К.Е. Экспериментальное определение параметров автомобильного стартера // Прогрессивные технологии в транспортных системах: мат. XVI межд. научно-практ. конф. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С.403-411.

4 Копылов К.Е. Оперативный контроль параметров системы электроснабжения автомобиля // Транспортные и транспортно-технологические системы: мат. Межд. научно-техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2022. – С.190-194.

5 Копылов К.Е., Телегин А.В. Анализ параметров систем электроснабжения автомобиля // Управление качеством в транспортной и социальной сферах: сб. научн. трудов студентов. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С.41-45.

6 Копылов К.Е., Телегин А.В. Определение состояния системы электроснабжения автомобиля на основе мониторинга выходного напряжения // Проблемы функционирования систем транспорта: сб. мат. Всерос. (нац.) научно-практ. конф. студентов, аспирантов и мол. ученых. – Тюмень: ТИУ, 2021. – С.151-154.

7 Копылов К.Е., Пузаков А.В. Выявление неисправностей системы электроснабжения автомобиля с помощью инструментального контроля // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: мат. VI Всерос. научно-практ. конф. – Ижевск, 2022. – С.92-95.

8 Пузаков А.В., Копылов К.Е., Телегин А.В. Обоснование выбора средств измерения силы тока бортовой сети автомобиля // Прогрессивные технологии в транспортных системах: мат. XVII межд. научно-практ. конф. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С.483-490.

9 Пузаков А.В., Копылов К.Е. Степень работоспособности автомобильного генератора // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства : мат. VII Всерос. научно-практ. конф. – Ижевск, 2023. – С. 499-503.

10 Копылов К. Е., Телегин А. В., Аксютин А. А. Разработка бортового устройства мониторинга системы электроснабжения автомобиля // Шаг в науку. – 2023. – No 3. – С. 30–35.

БЕСПИЛОТНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Амандусов А.И., Магдин А. Г., канд .техн .наук,
Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А. А., канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современном динамичном мире, на фоне стремительных научных и технологических достижений, сельское хозяйство претерпевает значительные преобразования, и в центре этого метаморфозного процесса стоят инновации, направленные на повышение эффективности и устойчивости производства [1]. Однако, когда мы обсуждаем революцию в аграрном секторе, невозможно оставить без внимания технологический феномен, который в последние годы привлекает все больше внимания и обещает кардинальные изменения в обработке земли и выращивании культур — это беспилотные аппараты.

Беспилотные технологии, в основном ассоциируемые с авиацией и оборонной сферой, нашли свое применение в сельском хозяйстве, став фундаментальным элементом сельскохозяйственной революции. Дроны, автономные тракторы, и другие беспилотные аппараты теперь не просто аспекты современных исследований, но и конкретные инструменты, внедряемые на полях и фермах по всему миру с целью повышения эффективности производства.

Этот переход к беспилотным технологиям в сельском хозяйстве не является случайным. Современные вызовы, такие как изменение климата, увеличение численности населения и необходимость увеличения урожайности, требуют новаторских и устойчивых подходов. В этом контексте беспилотные аппараты предоставляют сельскохозяйственным предприятиям мощные инструменты для оптимизации процессов, минимизации рисков и обеспечения стабильного снабжения продуктами питания [2].

Эта статья призвана внимательно рассмотреть, как беспилотные технологии становятся ключевым элементом современного сельского хозяйства, привнося свежий взгляд на традиционные методы и открывая новые перспективы для улучшения продуктивности. Мы рассмотрим разнообразные аспекты внедрения беспилотных аппаратов: от мониторинга полей и использования данных в реальном времени до автономной обработки почвы и уборки урожая. В этом контексте особое внимание уделим не только технологическим аспектам, но и экономическим, социальным и экологическим выгодам, которые сопровождают внедрение этого нового вехопроходческого этапа в развитии сельского хозяйства.

Сельское хозяйство, как одна из ключевых отраслей, стоит перед вызовами современного мира, требующего более эффективных и устойчивых методов

производства продовольствия. В этом контексте беспилотные технологии, общепринятые в авиации и других отраслях, привносят инновационные решения и перемену в обработке сельскохозяйственных угодий.

Одним из ключевых элементов этой технологической революции являются беспилотные аппараты, которые теперь внедряются на полях по всему миру. Дроны, снабженные высокоточными камерами и датчиками, обеспечивают детальный мониторинг состояния посевов (рисунок 1). Они не только позволяют выявлять потенциальные проблемы, такие как заболевания или недостаточное поливание, на ранних стадиях, но и предоставляют агрономам ценные данные для более точного принятия решений.

Рисунок 1 – Мониторинг и полив полей с помощью дронов.

Важным компонентом этого технологического скачка являются также автономные тракторы и машины. Они способны выполнять различные задачи, такие как посев, обработка почвы и даже уборка урожая, без прямого участия человека. Это существенно сокращает трудозатраты, увеличивает эффективность и позволяет более рационально использовать время в периоды интенсивных работ на ферме.

Одним из ключевых преимуществ внедрения беспилотных технологий в сельское хозяйство является оптимизация использования ресурсов. Благодаря точным данным, получаемым от дронов и сенсоров, сельскохозяйственники могут более рационально применять удобрения и пестициды. Это не только экономит средства, но и снижает воздействие на окружающую среду, делая сельское хозяйство более устойчивым.

Технологии беспилотных аппаратов также позволяют более эффективно использовать водные ресурсы, особенно в условиях изменяющегося климата. Дроны, проводящие анализ почвы и влажности, предоставляют ценные сведения для точного и эффективного полива. Тем самым, сельскохозяйственные предприятия могут сокращать потребление воды, сохраняя этот ограниченный ресурс.

Внедрение беспилотных технологий в сельском хозяйстве приносит значительные экономические выгоды, превращая традиционные методы в современные и эффективные стратегии управления. Снижение затрат на труд и оптимизация процессов обработки участков сельскохозяйственных культур существенно повышают производительность. Это не только уменьшает затраты на рабочую силу, но и позволяет фермерам сосредотачиваться на более важных аспектах хозяйственной деятельности.

Социальные выгоды включают в себя не только повышение уровня квалификации работников, но и создание новых рабочих мест. Специалисты по обслуживанию и техническому обеспечению беспилотных систем становятся востребованными, что способствует росту занятости в сельском хозяйстве и связанных с ним отраслях [3].

Необходимо отметить, что внедрение беспилотных технологий может оказать поддержку для малых и средних фермерских хозяйств, которые традиционно испытывают трудности в доступе к передовым технологиям. Государственные программы и инновационные стартапы, направленные на создание доступных и адаптированных решений для небольших хозяйств, могут способствовать увеличению их конкурентоспособности и участию в глобальных сельскохозяйственных процессах.

Технологии беспилотных аппаратов также создают новые возможности для образования и обучения в аграрной сфере. Специалисты, работающие с этими инновационными системами, должны обладать высоким уровнем компетенции в области информационных технологий, что стимулирует спрос на квалифицированные кадры в сельском секторе и расширяет горизонты профессионального развития.

Однако, несмотря на все явные преимущества, внедрение беспилотных технологий в сельском хозяйстве сталкивается с определенными вызовами. На первый план выходит вопрос кибербезопасности, так как взлом или несанкционированное управление беспилотными аппаратами могут привести к серьезным последствиям. Кроме того, высокие начальные инвестиции и необходимость обучения персонала могут стать преградой для мелких фермеров и сельскохозяйственных предприятий [4].

Несмотря на эти вызовы, перспективы внедрения беспилотных технологий в сельском хозяйстве представляют собой несомненный шаг вперед для отрасли. Развивающиеся системы и программное обеспечение обещают сделать эти технологии более доступными и простыми в использовании. Кроме того, государственная поддержка и индустриальные исследования способствуют разработке инновационных решений, направленных на решение текущих вызовов.

Беспилотные аппараты в сельском хозяйстве не просто внедряются, они трансформируют привычный ландшафт аграрного сектора. Они становятся катализатором для увеличения эффективности, снижения экологического воздействия и повышения устойчивости производства. Несмотря на технические и организационные сложности, переход к беспилотным технологиям предоставляет

возможность создания более эффективной, инновационной и устойчивой будущей системы сельского хозяйства.

Список литературы

1. Гасанова, М.Г., Салыева, В.И., Гаджиева, А.А. Модернизация – основа инновационного развития аграрного сектора экономики [Электронный ресурс] // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2012. - № 17(158). - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-osnova-innovatsionnogo-razvitiya-agrarnogo-sektora-ekonomiki-1

2. Лерман, Е.Б., Теслова, С.А., Сухарева, С.В. Оценка возможностей внедрения и развития беспилотных транспортных средств в современных социально-экономических условиях [Электронный ресурс] // Журнал "Вестник НГУЭУ". - 2021. - № 2. - Режим доступа: https://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/1923

3. Кутахов, В.П., Мещеряков, Р.В. Управление групповым поведением беспилотных летательных аппаратов: постановка задачи применения технологий искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Проблемы управления. - 2022. - № 1. - С. 67–74. - Режим доступа: https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=pu&paperid=1272&option_lang=rus

4. Погребная, Н.В., Барышева, Д.Н., Ламазян, Л.С., Плаксий, В.В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Вестник Алтайской академии экономики и права. - 2022. - № 9-1. - С. 118-123. - Режим доступа: https://vaael.ru/ru/article/view?id=2401

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВОГО НАБОРА НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Анохин К.Е., Гузь И.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В аэрокосмической отрасли с каждым годом возрастают требования высокой производительности, точности, малому весу, ресурсосбережению и экологичности [1, 2]. Классические методы производства в аэрокосмической промышленности достигли своего предела эффективности, но при этом не лишились проблем. Растущие требования к повышению точности, снижению затрат и повышению производительности привели к выявлению определенных проблем:

1 Высокий уровень отходов материалов. Например, механическая обработка часто приводят к значительным потерям материалов. Это может быть особенно актуально при работе с дорогостоящими материалами, обычно используемыми в аэрокосмической промышленности, такими как титан и композиты.

2 Аэрокосмические компоненты часто требуют использования материалов с высокой прочностью и термостойкостью. Традиционные методы обработки могут столкнуться с трудностями при эффективной обработке этих материалов без чрезмерного износа инструмента и затрат.

3 Классические методы производства могут включать сложные и трудоемкие процессы, что приводит к длительному сроку изготовления компонентов. Данный фактор может препятствовать отрасли быстро реагировать на изменения спроса или модификации конструкции.

4 Классическое производство часто включает в себя создание специализированной оснастки и сложные процессы настройки. Эти первоначальные затраты могут быть значительными и их нелегко компенсировать, особенно при небольших сериях производства или при частых изменениях конструкции.

5 Некоторые традиционные производственные процессы, такие как определенная механическая и химическая обработка, могут генерировать загрязняющие вещества и оказывать заметное воздействие на окружающую среду. Поскольку экологичность становится все более важной проблемой, большее значение приобретает воздействие процессов аэрокосмического производства на окружающую среду.

6 Традиционные методы производства не всегда могут быть оптимальными для получения легких конструкций, необходимых для применения в аэрокосмической отрасли. Традиционные методы могут иметь ограничения, когда речь заходит о создании сложных и замысловатых конструкций. Это ограничение может повлиять на эффективность и эксплуатационные характеристи-

ки аэрокосмических компонентов, особенно в тех случаях, когда требуются оптимизированные формы изделий, рисунок 1.

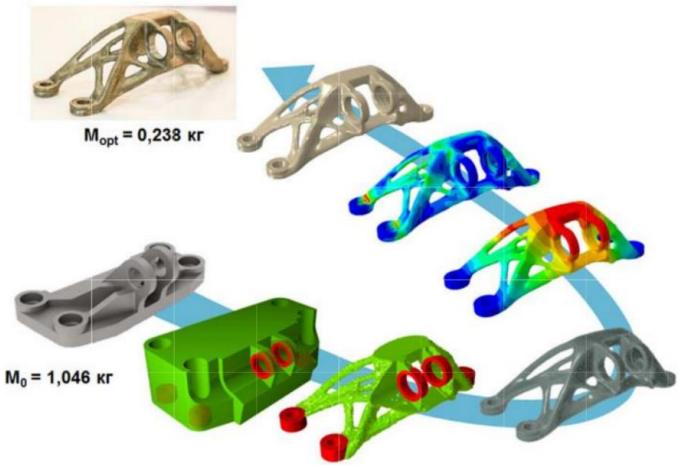


Рисунок 1 – Топологическая оптимизация кронштейна

7 Традиционные производственные процессы могут потребовать принятия обширных мер по контролю качества для обеспечения точности и надежности аэрокосмических компонентов. Необходимость тщательного контроля и испытаний может привести к задержкам производства и увеличению затрат. Обеспечение качества и структурной целостности аэрокосмических компонентов имеет первостепенное значение. Классические методы производства могут потребовать тщательного неразрушающего контроля, который может занимать много времени и быть дорогостоящим.

8 Классические методы могут столкнуться с трудностями при работе с передовыми материалами, такими как жаропрочные сплавы, керамика или современные композиты. Для оптимальной производительности этих материалов часто требуются специализированные производственные процессы.

9 Традиционные методы производства не позволяют быстро создать прототипы. Разработка прототипов может занимать много времени и быть дорогостоящей, препятствуя итеративному процессу проектирования, который имеет решающее значение в аэрокосмической промышленности для инноваций и оптимизации [3].

Для решения многих, выше рассмотренных, проблем, в аэрокосмической промышленности стало применяться аддитивное производство. Аддитивное производство (АП) – это быстро развивающаяся технология, которая широко используется во всем мире. Технология 3D-печати позволяет создавать сложные формы с меньшими затратами материалов на изготовление, чем обычными методами.

С технологией аддитивного производства конструктор не нужно беспокоиться о технологичности продукта. Все, на чем ему нужно сосредоточиться, – это работоспособность детали. С помощью АП компоненты могут быть изготовлены практически любой геометрической сложности.

Аддитивное производство обеспечивает непревзойденную гибкость в проектировании и производстве компонентов по сравнению с традиционным методом производства, поэтому трудности при изготовлении легко преодолеваются. В настоящее время АП имеет широкий спектр применений в различных областях человеческой деятельности: научных исследованиях, инженерии, аэрокосмической технике, авиации, военном деле, строительстве, архитектуре и многих других.

Благодаря АП стало возможно быстрое прототипирование – это быстрое изготовление физической детали, модели или сборки с использованием 3D-систем автоматизированного проектирования (САПР). Это связано с простотой использования технологии 3D-печати, которая требует только создания эскизов и настройки данных при машинной печати, чтобы можно было изготавливать 3D-изделия. Помимо быстрого прототипирования, 3D-печать также применяется для быстрого производства. Быстрое производство – это новый производственный подход, при котором предприятия используют 3D-принтеры для производства небольших партий на заказ.

Термин "3D-печать" относится к ряду производственных технологий, при которых детали изготавливаются слой за слоем. Согласно стандарту ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 технологии 3D-печати подразделяются на семь категорий, рисунок 1.

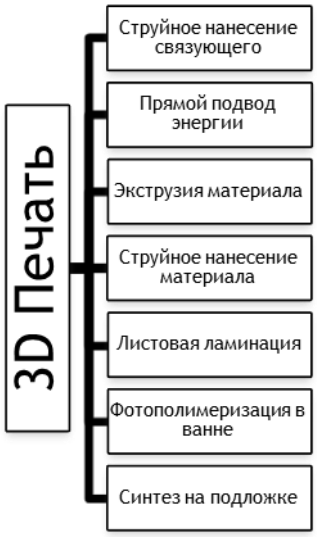


Рисунок 1 – Типы 3D печати

Струйное нанесение связующего – это один из семи процессов аддитивного производства, в котором порошковые материалы соединяются выборочным нанесением жидкого связующего, рисунок 2. При струйном нанесении связующего обычно используются гранулированные материалы, такие как композиты, песок, нержавеющая сталь, сплавы на основе никеля и керамика.

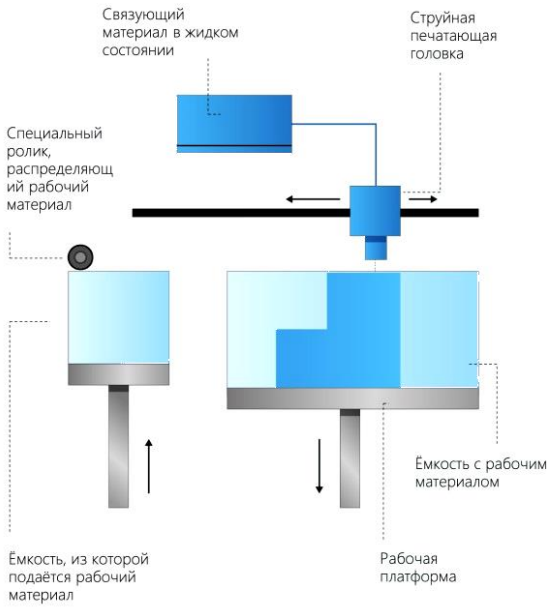


Рисунок 2 – Струйное нанесения связующего

Она уникальна среди современных технологий аддитивного производства, поскольку не требует нагрева для сплавления материала, как другие процессы аддитивного производства. Струйное нанесение связующего широко используется в таких областях, как аэрокосмическая и тяжелая промышленность, где требуются термостойкие и износостойкие детали. Он может быть пригоден для изготовления недорогих сложных металлических деталей, которые не требуют чрезвычайно высоких механических свойств.

Прямой подвод энергии и материала – это технология 3D-печати, которая использует направленный источник энергии, такой как плазменная дуга, лазер или электронный луч, для расплавления материала, который наносится с помощью сопла. Типичное оборудование для данного метода состоит из сопла, установленного на многоосевом кронштейне, которое распыляет расплавленный материал на нужную поверхность, где он застывает. Процесс аналогичен экструзии материала, за исключением того, что сопло не привязано к определенной оси и может перемещаться в любом направлении.

Этот метод в основном применяется к керамике или полимерам, но чаще всего он применяется к металлам в виде проволоки или порошка. Преимуществом данного метода является возможность контролировать структуру зерен, что позволяет использовать этот метод для ремонта деталей.

Экструзия материала – процесс АП, в котором материал выборочно подается через сопло или жиклер. Технология экструзии материала нанесение материала осуществляется через сопло, где он нагревается.

Процесс печати методом послойного наплавления подразумевает создание слоев за счет экструзии быстро застывающего материала в виде микрокапель или тонких струй. Экструдер нагревает материал до температуры плавления с последующим выдавливанием расплавленной массы через сопло. Сам экструдер приводится в движение пошаговыми двигателями или сервомотора-

ми, обеспечивающими позиционирование печатной головки в трех плоскостях. Перемещение экструдера контролируется производственным программным обеспечением, привязанным к микроконтроллеру.

Струйное нанесение материала – процесс АП, в котором изготовление объекта осуществляют нанесением капель строительного материала на платформу для сборки и отверждается ультрафиолетовым излучением или теплом для получения 3D-объекта, рисунок 3. Данный метод использует термореактивные фотополимеры (акрил) в качестве материала, который поставляется в жидком виде.

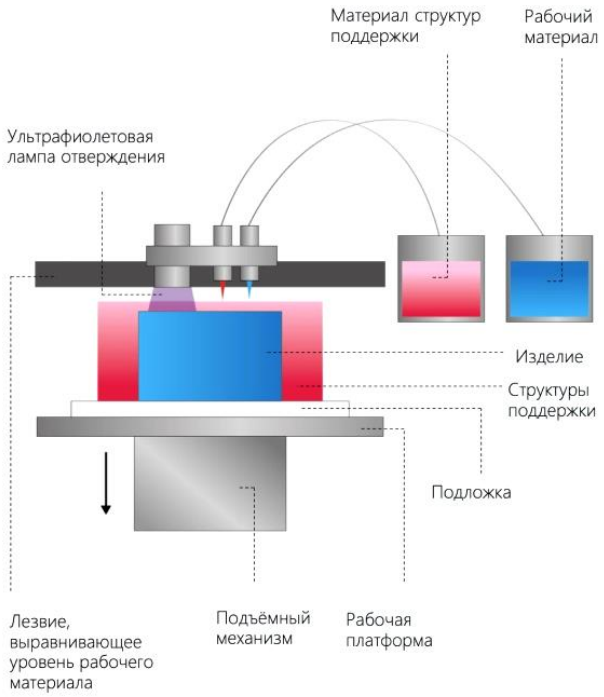


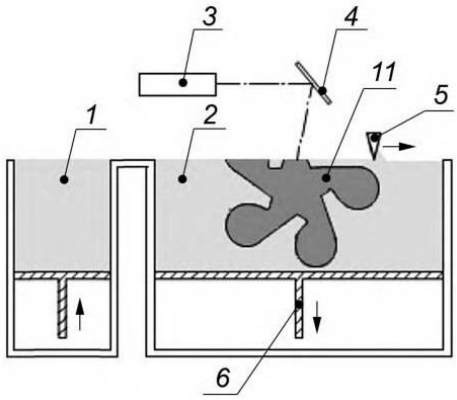
Рисунок 3 – Струйное нанесение материала

Струйная 3D-печать материалов позволяет получать высокоточные изделия с очень гладкой поверхностью для моделей аэрокосмического дизайна. Она идеально подходит для визуальных прототипов и промышленного инструмента, полезного при изготовлении анатомических медицинских моделей для предоперационной подготовки и пригодного для литья по лекалам.

Синтез на подложке – процесс АП, в котором энергия от внешнего источника используется для избирательного спекания/сплавления предварительно нанесенного слоя порошкового материала, рисунок 4. Технология синтеза в подложке в аддитивном производстве на основе лазера вызвала значительный интерес к исследованиям и разработке инновационных материалов из-за их большой скорости охлаждения и превосходной гладкости поверхности по сравнению с другими процессами аддитивного производства. В процессе синтеза используется любой материал на основе порошка, хотя наиболее часто исполь-

зуются нейлон, нержавеющую сталь, титан, алюминий, кобальт-хром, медь и так далее.

Синтез на подложке используется для объединения многочисленных элементов камеры сгорания ракетного двигателя в единый компонент, что значительно снижает сложность детали.



1 – система подачи порошка; 2 – порошкообразный материал, распределенный в ванне; 3 – лазер; 4 – установленное под углом зеркалом, фокусирующее падающий на него свет; 5 – дозирующее устройство; 6 – строительная платформа; 7 – контейнер с сырьем; 8 – электронно-лучевая пушка; 9 – сфокусированный электронный пучок; 10 – поддерживающая структура; 11 – получаемый продукт

Рисунок 4 – Синтез на подложке

Листовая ламинация – процесс АП, в котором изготовление детали осуществляется послойным соединением листовых материалов, рисунок 5. Процессы листового ламинирования включают склеивание, ультразвуковую сварку и пайку, а окончательная форма создается с помощью лазерной резки или механической обработки с ЧПУ. По сравнению с другими семью процессами АМ, листовая ламинация создает продукт с наименьшим разрешением, однако из-за его низкой стоимости и более короткого времени изготовления он позволяет разработчикам создавать прототипы с низкой степенью точности, используя легкодоступные недорогие материалы.

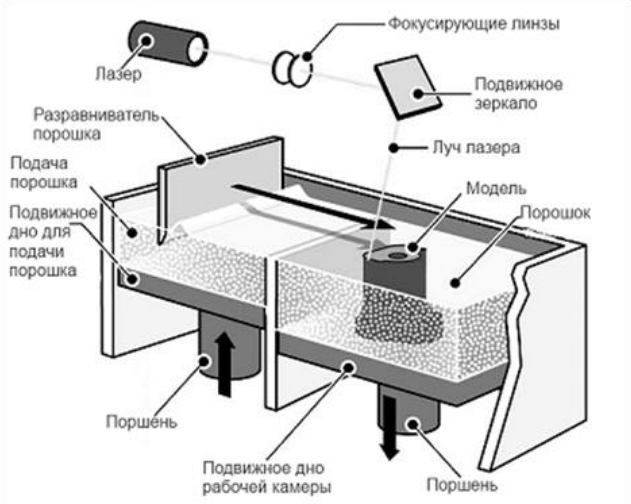


Рисунок 5 – Листовое ламинирование

Фотополимеризация в ванне – процесс АП, в котором жидкий фотополимер выборочно отверждается (полимеризуется) в ванне световым излучением, рисунок 6. Наиболее распространенной технологией 3D-печати является фотополимеризация, которая относится к отверждению фотореактивных полимеров лазером, светом или ультрафиолетовым излучением (УФ). В нем используется ванна с жидкой фотополимерной смолой, из которой модель «выращивается» слой за слоем. В процессе фотополимеризации в ванне для создания модели используются пластмассовые и полимерные материалы.

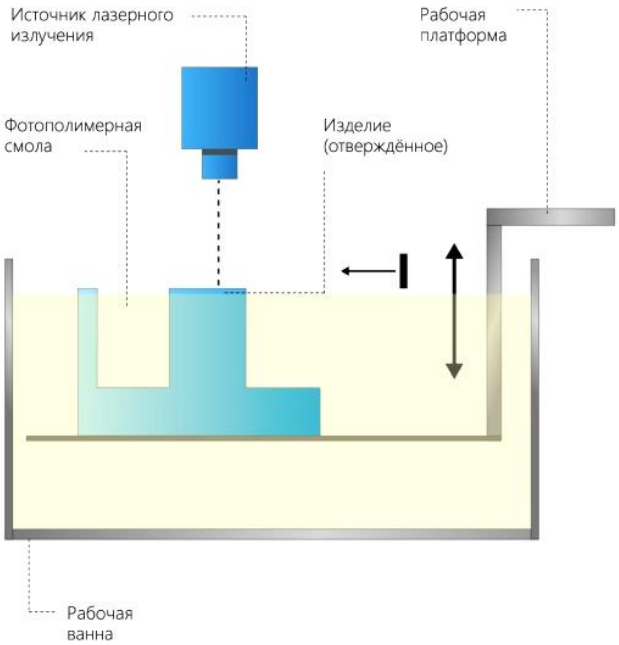


Рисунок 6 – Фотополимеризация в ванне

Благодаря этому методу достигается высокий уровень точности и хорошая чистота поверхности. В результате этот метод идеально подходит для изготовления точных изделий, прототипов для литья под давлением.

Список литературы

1 Антимонов, А. М. Основы технологии машиностроения : учебник / А. М. Антимонов ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. – 178 с. : схем., табл., ил. – (Учебник УрФУ). – Библиогр.: с. 153-154. – ISBN 978-5-7996-2132-2.

2 Гриценко, В. А. Техническая эксплуатация многофункционального сверхзвукового самолета : учебное пособие : [16+] / В. А. Гриценко, Н. В. Курлаев ; Новосибирский государственный технический университет 0. – Новосибирск : Новосибирский государственный техничес кий университет, 2018. – 186 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-7782-3513-7.

3 Данилова, И. И. Aircraft Maintenance : учебное пособие : [16+] / И. И. Данилова, О. Г. Мельник, А. А. Яковлев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 108 с. : ил.– Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2755-7.

РАЗРАБОТКА РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМЫ

Архапчева М.В., Акимов С.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время актуальной задачей информационных систем и технологий нового поколения является проектирование и разработка современных и актуальных баз данных, которые могли бы учитывать многомерные взаимосвязи между конкретными элементами. Качественно разработанная база актуальных данных позволяет повысить скорость обработки информации, хранящейся в них, что существенным образом влияет на общее функционирование информационных систем [1].

В настоящее время важным компонентом информационной инфраструктуры предприятия является база данных, поэтому для задач разработки проектов баз данных и их внедрения актуальность приобретают соответствующие программные продукты и технологии, в первую очередь – реляционные базы данных [2].

Реляционная модель ориентирована на организацию данных в виде двумерных таблиц.

Ключи уникального определения записи (Primary Key) были выбраны для каждой таблицы. Эти ключи используются для связи между записями в разных таблицах, что позволит БД приобрести схематичный вид.

Значение, которые не состоят из групп значений (атомарные), могут быть только на пересечение столбца и строки, поэтому такие таблицы могут считаться нормализованные.

Каждая реляционная таблица представляет собой двумерный массив и её свойства представлены на рисунке 1.

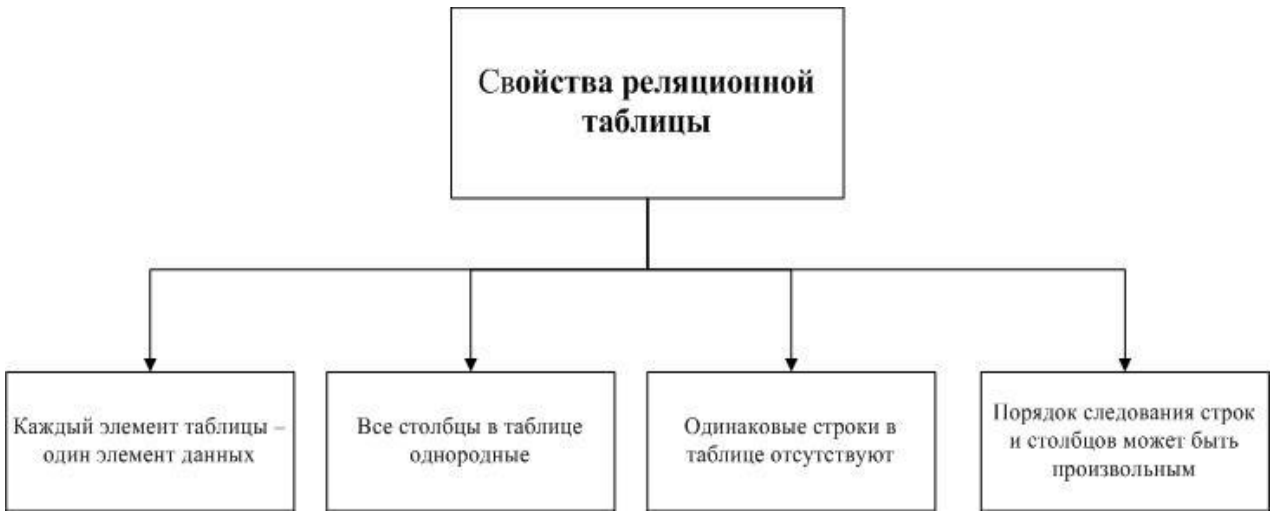


Рисунок 1 – Свойства реляционной таблицы

В статье разработана реляционная база данных строительной фирмы с помощью программного обеспечения MySQL.

Выделим 5 сущностей в информационной системе: Заказчик, Строительная фирма, Работы, Объект и Договор.

Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечание
Схема отношения «Заказчики» (Customer)			
Идентификатор_ Заказчик	Id_ Customer	INT(4)	Первичный ключ, уникальный
ФИО	Name	VARCHAR(45)	Обязательное поле
Адрес	street	VARCHAR(128)	Обязательное поле
Телефон	Number	INT(8)	Обязательное поле
Схема отношения «Строительная фирма » (Construction Company)			
Идентификатор_ Строительной фирмы	Id_ Construction Company	INT(4)	Первичный ключ, уникальный
Идентификатор_Заказчик	Id_Customer	INT(4)	Внешний ключ к Custoner, обязательное поле
Название	Name	VARCHAR(45)	Обязательное поле
Адрес	street	VARCHAR(45)	Обязательное поле
Схема отношения «Работы» (Job)			
Идентификатор_ Работы	Id_ Job	INT(4)	Первичный ключ, уникальный
Наименование_работы	Name_job	VARCHAR(45)	Обязательное поле
Стоимость	Price	decimal(20,4)	Обязательное поле
Схема отношения «Договор» (Agreement)			
Идентификатор_ Договор	Id_ Agreement	INT(4)	Первичный ключ, уникальный
Идентификатор_Работы	Id_Job	INT(4)	Внешний ключ к Job, обязательное поле
Идентификатор_Объект	Id_Object	INT(4)	Внешний ключ к Object, обязательное поле
Идентификатор_Строительной фирмы	Id_ Construction Company	INT(4)	Внешний ключ к Construction Company, обязательное поле
Идентификатор_Заказчик	Id_Customer	INT(4)	Внешний ключ к Custoner, обязательное поле
Дата	Data	DATETIME	Обязательное поле
Стоимость	Price	decimal(20,4)	Обязательное поле
Схема отношения «Объект» (Object)			
Содержание поля	Имя поля	Тип, длина	Примечание
Идентификатор	Id_Object	INT(4)	Первичный ключ, уникальный
Наименование_объекта	Name_object	VARCHAR(45)	Обязательное поле
Адрес	street	VARCHAR(128)	Обязательное поле

Рисунок 2 – Определение сущностей реляционной БД

На рисунке 3 представлена разработанная схема базы данных в программе MySQL Workbench [3].

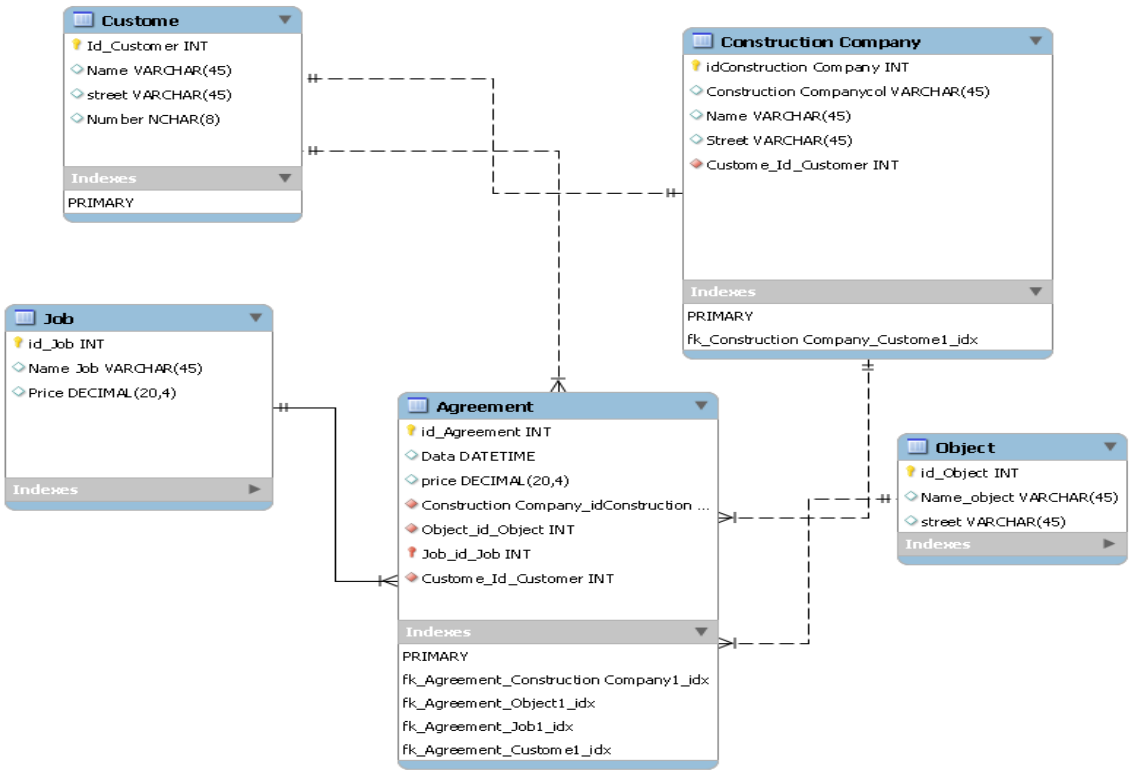


Рисунок 3 – Реляционная модель базы данных

Таким образом, разработан прототип реляционной базы данных для строительной фирмы. Реляционная БД будет обеспечивать структурное хранение и организацию данных о заказчиках, объектах, работах, заключенных договора и другое. А для информационной системы строительной фирмы будет обеспечивать надежность и целостность.

Список литературы

1. Архапчева, М. В. Инфологическое моделирование базы данных для организации / М. В. Архапчева, В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности : сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, Москва, 10 октября 2023 года. – Москва: Алеф, 2023. – С. 259-262. – EDN PHOPAQ.

2. Глазова, В. Ф. Информатика : учебно-методическое пособие : в 2 частях / В. Ф. Глазова, А. В. Богданова, Е. В. Панюкова. — Тольятти : ТГУ, 2013 — Часть 2 — 2013. — 223 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/139870 (дата обращения: 05.01.2024

3. Пинягина О.В. Основы работы с базами данных - СУБД mySQL: учебное пособие / О.В. Пинягина. – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 92 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Арыкбаев И.М., Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация технологических процессов является важной частью научно-технического прогресса. Теоретические исследования в области совершенствования управления процессом бурения и его оптимизации открывают новые возможности для практического применения с появлением управляющей микропроцессорной техники и созданием автоматизированных систем на ее основе [1].

Автоматизированные системы бурения скважин для разведки и добычи полезных ископаемых позволяет не только управлять процессом бурения в режиме реального времени с использованием любого из известных алгоритмов, но и собирать и обрабатывать информацию о процессе бурения, а также диагностировать работоспособность отдельных узлов и механизмов [2]. Автоматизация технологических процессов на основе передовых технологий позволит сократить количество людей на месте, обеспечить безопасность, повысить эффективность [3].

Необходимость этого вытекает из анализа производственной деятельности организации по выполнению запланированных задач. Несмотря на то, что внедрение современного оборудования, инструментов, передовых технологий бурения, средств механизации и автоматизации работ, совершенствование организации в целом обеспечивают выполнение этих задач, в буровых и разведочных работах имеются значительные резервы для повышения производительности и улучшения технико-экономических показателей. Эти резервы заключаются, прежде всего, в автоматическом управлении и контроле процесса бурения и в улучшении организации работ.

Процесс бурения, особенно в глубоких скважинах в условиях значительной неопределенности, подвержен сильным и мощным отвлекающим воздействиям, которые являются как основой минеральных, так и геолого-технических факторов и технологий. Таким образом, геологический разрез проекта может отличаться от реального, и, следовательно, технология бурения могут отличаться от фактического. Приходится отступать от технологии, использовать опыт, знания, интуицию, чтобы выяснить вовремя изменение категории буримости пород, неблагоприятную технологическую ситуацию. Бурить, не задавая проектных параметров режимов бурения и варьируя ими в зависимости от условий, очень сложно. Быстрее и дешевле использовать автоматизированную систему управления процессом бурения, которая будет поддерживать оптимальные решения в соответствии с заданным критерием оптимальности и установлением ограничений. С помощью автоматизированной системы становится

возможным более строгий характер их процесса, внедрить передовые технологии бурения.

Устройство сбора и первичной обработки информации о состоянии процесса бурения является неотъемлемой частью автоматизированной системы управления этим процессом. Автоматизация процессов бурения основывается на использовании современных информационных технологий и систем управления.

Примером успешного применения автоматизации в бурении является использование систем управления буровыми установками. Такие системы позволяют контролировать процесс бурения на всех этапах, начиная от выбора оптимального режима бурения и заканчивая контролем качества полученных данных.

На основании анализа технической документации и проведенного обзора научных источников разработана структурная схема управления процессом бурения нефтяных скважин (рисунок 1).

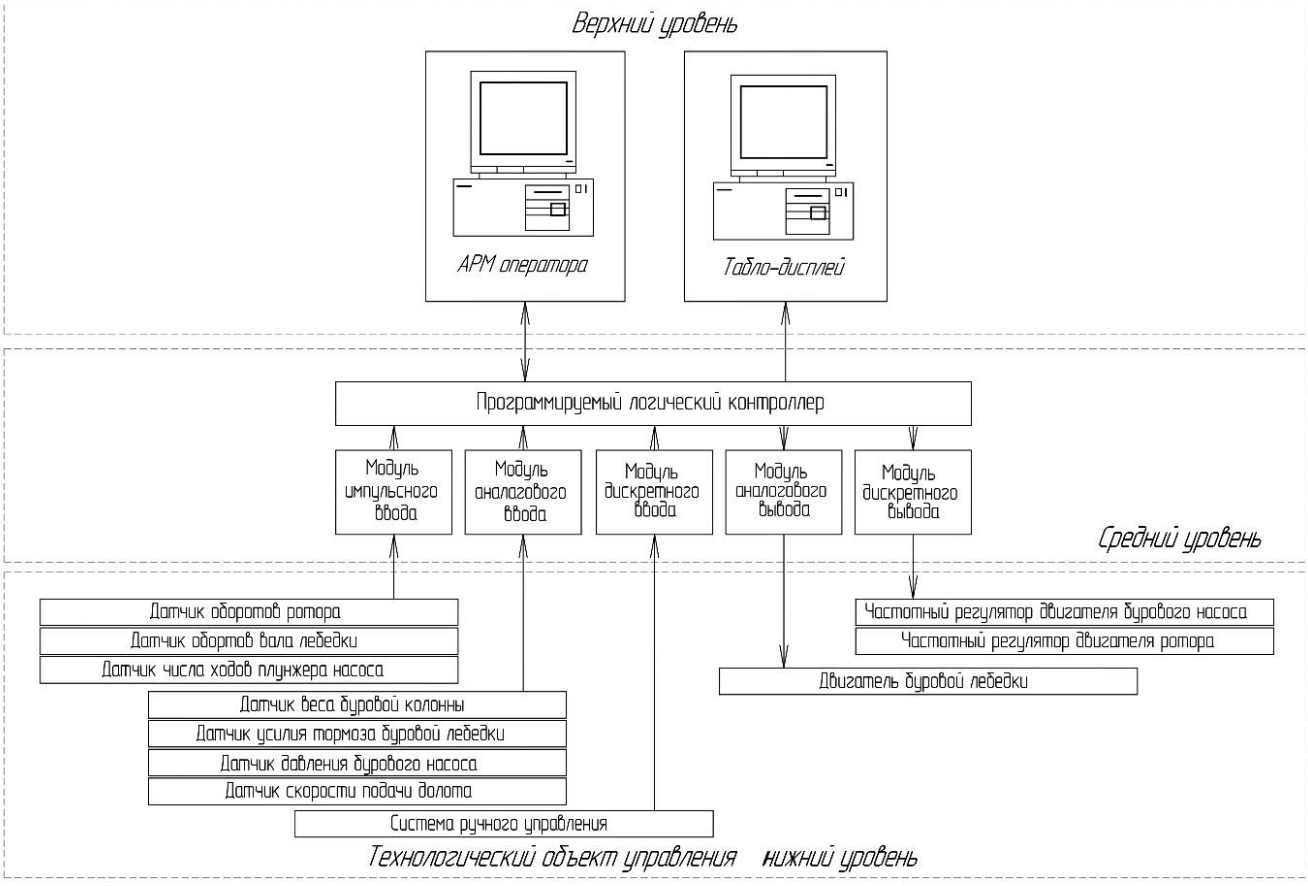


Рисунок 1 – Структурная схема управления процессом бурения нефтяных скважин

Структурная схема состоит из совокупности элементарных звеньев объекта и связей между ними, где элементарное звено, словно кирпичик становит-

ся малой частью целостной, единой системы; один из видов графической модели. Под элементарным звеном подразумевается часть системы управления, которая реализует элементарную функцию.

Схема реализована тремя четко выделенными уровнями. Верхний уровень несет в себе роль пользовательского интерфейса для управления и мониторинга всей системы. На этом уровне расположены устройства, помогающие человеку управлять системой и вести контроль и наблюдение за изменением её параметров.

Средний уровень выполняет несколько важных функций, реализуя системное управление параметрами процесса, отслеживание значение параметров, производит сравнение их параметров друг с другом и с заданными значениями. Такой перечень функций позволяет обеспечить эффективность и быстродействие системы управления, точность отслеживания параметров и прогнозирование возможных трудностей при процессе бурения, возможность наступления чрезвычайных ситуаций, связанных со скважиной и возможных аварийных ситуаций с оборудованием и самой вышкой.

Структурная схема управления процессом бурения нефтяных скважин среднего уровня включает программируемый логический контроллер, состоящий из нескольких модулей:

– модуль импульсного ввода – принимает пульсирующие входы от подсистем контрольно-измерительных приборов и человеческого интерфейса в электронном виде, пересчитывает их (последовательное преобразование в параллельное) в свой компьютерный эквивалент (форма счетчика) и передает значение счетчика процессору по шине для дальнейшей обработки;

– модуль аналогового ввода – преобразует аналоговую величину, получаемую из процесса, в цифровую форму;

– модуль дискретного ввода – используется в промышленных системах и оборудовании для управления компонентами организации передачи данных. Функционально – это узел, ожидающий получения инициирующего цифрового сигнала на вход и формирующий сигнал с заданными параметрами на выход в направлении контрольного или исполнительного звена системы;

– модуль аналогового вывода – преобразует аналоговое значение выходного сигнала. Аналоговое значение, представленное в форме одинаково для ввода и вывода, имеет одинаковое значение предельного номинального диапазона;

– модуль дискретного вывода – основная функция совпадает с модулем дискретного ввода, но при этом она направлена в другую сторону.

Задача модулей ввода заключается в преобразование сигнала, получаемого с датчика в сигнал, который сможет воспринимать программируемый логический контроллер. А задача модулей вывода – преобразовывать сигнал, получаемый с программируемого логического контролера в сигнал, позволяющий управлять устройствами регулирования параметров.

Структурная схема управления процессом бурения нефтяных скважин также имеет нижний уровень, который состоит из двух компонентов: контроль-

но-измерительных приборов и исполняющих механизмов. Контрольно-измерительный прибор представляет собой измерительный инструмент для получения значения измеряемой физической величины в указанном диапазоне. Часто управляющим и измерительным инструментом называют измерительное устройство для усиления сигнала измерительной информации в форме, непосредственно доступной для восприятия оператором. Целью управления и измерения инструмента является изменение объема исследования в форму, которая будет наиболее удобной для конкретного использования (или владения) машиной или человеком. А исполняющие механизмы – инструменты, которые влияют на процессы организма путем преобразования электрических сигналов в необходимые управляющие действия. Как и в случае с датчиками, исполнительные механизмы должны быть правильно выбраны для каждой задачи.

Таким образом, данная структурная схема управления показывает на элементарном уровне восприятие сложного процесса управления бурения нефтяных скважин.

Для наглядного описания работы системы разработан алгоритм автоматизации управления процессом бурения скважин.

Алгоритм автоматизации управления бурением нефтяных скважин (рисунок 2) представляет собой последовательность операций, направленных на обеспечение эффективного и безопасного бурения. Одной из ключевых особенностей данного алгоритма является возможность автоматического наращивания бурильной колонны в случае необходимости. Это позволяет сократить время на проведение данной операции и повысить общую эффективность процесса бурения.

Алгоритм также включает в себя процедуру промывки скважины после наращивания бурильной колонны, что обеспечивает удаление остатков материала и предотвращает возникновение проблем с оборудованием.

После достижения заданной глубины система автоматически останавливает процесс бурения и производит подъем бурильной колонны. Затем производится промывка скважины для удаления остатков бурового раствора.

Важной частью алгоритма является процедура корректировки параметров работы оборудования в зависимости от условий бурения. Это позволяет адаптировать работу оборудования к изменяющимся условиям и обеспечить максимальную эффективность бурения.

В разработанном алгоритме управления бурением нефтяных скважин реализован эффективный инструмент для обеспечения безопасности и эффективности процесса бурения. Его использование позволяет сократить затраты времени и ресурсов, а также снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и повысить качество получаемых данных о структуре и свойствах недр.

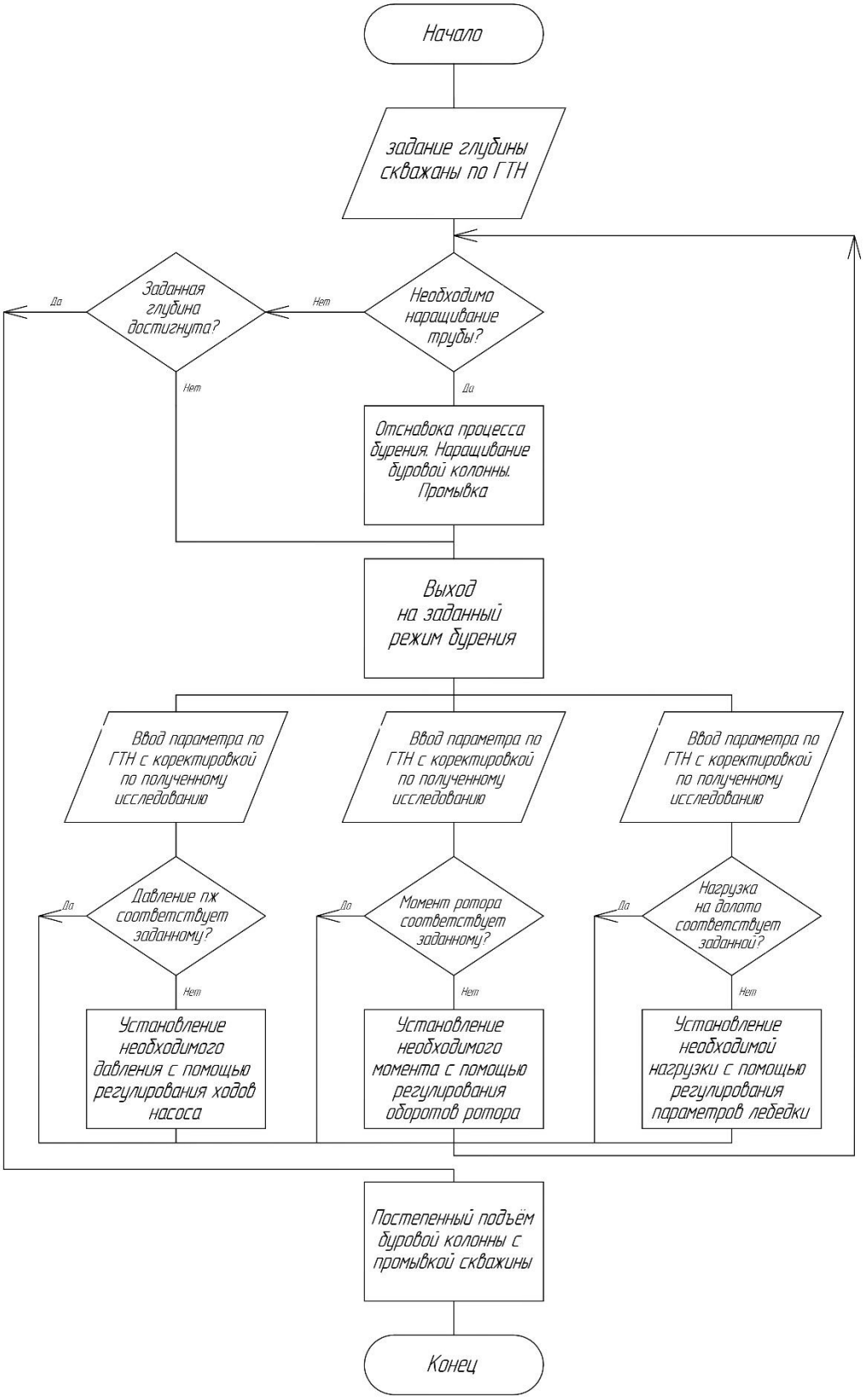


Рисунок 2 – Алгоритм управления процессом бурения нефтяных скважин

Применение автоматизированных систем управления бурением способствует увеличению производительности труда, улучшению контроля за техно-

логическими процессами и снижению влияния человеческого фактора на результаты работы [4]. Это приводит к повышению конкурентоспособности предприятий, занимающихся бурением нефтяных скважин, и увеличению их прибыли.

Автоматизация управления процессом бурения продолжает активно развиваться, и в ближайшие годы следует ожидать новых достижений в этой области. Важно, чтобы при внедрении новых технологий учитывались вопросы экологической безопасности и сохранения рабочих мест. В целом, автоматизация является неизбежным процессом, который будет оказывать все большее влияние на развитие нефтегазовой отрасли в будущем.

Список литературы

1 Макаров, А.М. Микропроцессорные средства автоматизации в нефтегазовой отрасли: учеб. пособие / А. М. Макаров, Е. Г. Крылов, Н. В. Федорова, Н. В. Козловцева; ВолгГТУ. – Волгоград, 2023. – 128 с. – ISBN 978-5-9948-4773-2

2 Шабонян, А.К. Автоматизация технологического процесса бурения скважин / А.К. Шабонян // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Изд-во «Печатный цех», 2023. – С. 119 – 122.

3 Ануфрик, М.С. Автоматизация процесса бурения как способ повышения безопасности /М.С. Ануфрик, Е.В. Булгакова // Наука и просвещение: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Тюмень: Изд-во «Студент и наука», 2023 – С. 32-38.

4 Любцов, А.В. Использование автоматизации в управлении нефтяными утечками/ А.В. Любцов // Тенденции развития науки и образования. – Уфа, 2023. – С. 172-175. – ISSN 2410-6070.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА УЛУЧШЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ В ОКРУГЕ ЮЖНЫЙ БАНГКА, ПРОВИНЦИЯ ОСТРОВОВ БАНГКА БЕЛИТУНГ, ИНДОНЕЗИЯ

Ирфан Афенди, Пищухин А. М., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение

Разнообразная экономическая деятельность стимулирует каждый район или город развивать свой экономический потенциал. Таким образом, региональное развитие осуществляется комплексно и гармонично и направлено так, чтобы развитие, происходящее в каждом регионе, действительно соответствовало региональным приоритетам и потенциалу [1]. Региональное развитие – это процесс, посредством которого региональные правительства и сообщества управляют существующими ресурсами в форме партнерства между региональными правительствами, сообществами и частным сектором для развития существующего потенциала путем использования всего существующего потенциала [2].

Говорят, что экономика сообщества испытывает рост и процветание, если доход на душу населения в постоянных ценах продолжает расти. Одним из показателей, описывающих уровень благосостояния региона, является валовой региональный внутренний продукт (ВВП) в текущих или постоянных ценах. В ВВП вносят вклад различные сектора, такие как сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность и другие отрасли.

Значение ВРП может отражать экономический рост в регионе. Например, в этом обсуждении рассчитывается и анализируется ВРП округа Южная Бангка с 2020 по 2022 год, который растет с каждым годом. Об этом свидетельствует увеличение стоимости ВРП округа Южная Бангка, увеличивающее экономический рост. Экономический рост является важной частью, которую нельзя отделить от достижения экономического развития. Следовательно, требуется анализ отраслей хозяйства страны, которые являются основой ведущих секторов, чтобы стимулировать экономический рост и скорость его изменения в районе Южного Бангка Региона.

Если мы посмотрим на стоимость продукции регионального сектора ВРП, то отрасль обрабатывающей промышленности играет важную роль в рейтинге отраслей ВРП округа Южная Бангка, так что он может увеличить ВРП округа Южная Бангка. Однако нельзя подтвердить, что отрасль обрабатывающей промышленности является базовым сектором округа Южная Бангка, поскольку

необходимы сравнения с более широкими областями. В данном случае провинция островов Бангка-Белитунг представляет собой сравнение стоимости продукции по отраслям ВРП округа Южная Бангка. Чтобы оценить эту отрасль, необходимо рассчитать значение *коэффициента местоположения* (LQ), чтобы иметь возможность определить базовую отрасль и небазовые в районе Южного Бангка Регентства.

Методы исследования

В этом исследовании используются вторичные данные, полученные от Центрального статистического агентства, при этом используются данные о валовом внутреннем продукте (ВВП) и валовом региональном внутреннем продукте (ВРП) за период с 2020 по 2022 год. В этом анализе используется методология с коэффициентом местоположения (LQ)-метод [3].

Оценка с помощью *коэффициента местоположения* (LQ) — это метод определения экономического потенциала территории. Он сравнивает возможности трудоустройства/добавленную стоимость конкретного сектора с долей возможностей трудоустройства/добавленной стоимости того же сектора на национальном уровне [4]. В целом метод анализа LQ можно сформулировать следующим образом:

$$LQ = \frac{Yij/Yj}{Yiw/Yw}$$

Обозначения:

LQ: значение LQ

Yij: выходная мощность промышленности (i) Региона Южная Бангка

Yj: общая стоимость промышленного производства Региона Южная Бангка.

Yiw: выходная мощность промышленности (i) провинция Бангка-Белитунг;

Yw : общая стоимость промышленного производства провинции Бангка-Белитунг.

По правилам, если сформулировать результаты приведенных выше расчетов, то получится:

LQ > 1, что означает, что товар является основой или источником роста. Сырьевые товары имеют сравнительные преимущества, результаты могут не только удовлетворить потребности в соответствующем регионе, но также могут быть экспортированы за пределы региона.

LQ = 1, что означает, что товар классифицируется как небазовый товар и не имеет сравнительного преимущества. Где продукции хватает только на удовлетворение потребностей своего региона и ее нельзя экспортировать в

другие регионы.

LQ < 1, что означает, что этот товар также не является базовым товаром. Товарное производство в регионе не может удовлетворить собственные потребности, поэтому оно нуждается в поставках или импорте из-за пределов региона.

Результаты и обсуждение

При анализе базового и небазового секторов для его определения используется тот же метод *Коэффициента местоположения* (LQ). Анализ, проводимый с использованием метода *коэффициента местоположения* (LQ), требует данных ВРП (валового регионального внутреннего продукта) из округа Южная Бангка, а также данных ВПП из провинции островов Бангка-Белитунг с 2020 по 2022 год в качестве материала для анализа коэффициента местоположения (*LQ*).

Ниже приведены данные о валовом региональном внутреннем продукте в постоянных ценах по направлениям бизнеса в округе Южный Бангка с 2020 по 2022 год (в миллионах рупий) (таблица 1).

Таблица 1 – Объем продукции от сфер бизнеса в округе Южный Бангка

ВРП Южной Бангки на основе текущих цен в зависимости от сфер деятельности (млн рупий)				
№	Сфера бизнеса	Год		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	2	3	4	5
1	Сельское, лесное и рыболовное хозяйство	3 613 475,94	3 934 221,54	4 313 490,15
2	Горное дело и раскопки	1 282 300,17	1 753 273,73	1 853 312,55
3	Обрабатывающая промышленность	432 979,12	498 882,22	586 814,39
4	Закупка электроэнергии, газа	7 223,45	7 617,48	7 719,47
5	Водоснабжение, управление отходами, отходы и переработка	1 724,28	1 815,59	1 908,00
6	Строительство	791 544,39	837 361,37	876 851,78
7	Оптовая и розничная торговля, Ремонт автомобилей и мотоциклов	962 319,64	1 040 472,32	1 232 629,04
8	Транспорт и складирование	71 294,59	80 809,63	94 676,58
9	Предоставление проживания и питания	215 217.01	240 093,18	274 956,03

10	Информация и коммуникация	62 114,45	68 345,91	76 011.29
11	Финансовые услуги и страхование	44 710,64	49 767,37	57 410,65
12	Недвижимость	325 020,93	342 195,02	370 242,05
13	Услуги компании	13 314,52	13 977,96	16 084.11
14	Государственное управление, оборона и обязательное социальное обеспечение	527 594,40	555 484,19	558 492,02
15	Образовательные услуги	234 146,59	246 244,68	258 621,61
16	Медицинские услуги и социальная деятельность	58 492,72	68 865,70	72 322,01
17	Другие услуги	35 601,98	36 745,07	40 993,51
Количество		8 679 074,82	9 776 172,96	10 692 535,24

Ниже приводится таблица валового регионального внутреннего продукта в провинции островов Бангка-Белитунг с 2020 по 2022 год (в миллиардах рупий) (таблица 2).

Таблица 2 – Объем продукции от сфер бизнеса в провинции Бангка Белитунг

ВПП провинции Бангка-Белитунг на основе текущих цен в зависимости от сфер деятельности (млн рупий)				
№	Сфера бизнеса	Год		
		2020 год	2021 год	2022 год
1	Сельское, лесное и рыболовное хозяйство	15 443 738,31	16 887 329,98	18 287 196,74
2	Горное дело и раскопки	6 469 387,68	8 212 561,55	8 196 802,42
3	Обрабатывающая промышленность	14 166 068,26	17 932 375,90	20 809 809,36
4	Закупка электроэнергии, газа	101 064,81	111 056,94	109 048,77
5	Водоснабжение, управление отходами, отходы и переработка	16 599,65	17 680,46	18 649,95
6	Строительство	7 709 801,85	8 314 318,48	8 661 288,85
7	Оптовая и розничная торговля, Ремонт автомобилей и мотоциклов	11 607 669,03	12 684 563,02	14 979 194,07
8	Транспорт и складирование	2 730 713,28	3 093 015.12	4 195 578,93

9	Предоставление проживания и питания	2 295 291,37	2 579 054,52	2 933 522,65
10	Информация и коммуникация	1 630 645,27	1 787 423,41	1 988 099,91
11	Финансовые услуги и страхование	1 407 826,26	1 560 353,70	1 792 591,05
12	Недвижимость	2 792 921,71	3 011 649,93	3 260 684,48
13	Услуги компании	212 408,67	230 562,61	268 479,65
14	Государственное управление, оборона и обязательное социальное обеспечение	4 837 638,80	5 099 559,81	5 069 815,66
15	Образовательные услуги	2 386 140,46	2 520 497,66	2 656 354,78
16	Медицинские услуги и социальная деятельность	1 049 067,68	1 222 128,90	1 280 430,21
17	Другие услуги	662 790,98	697 158,42	777 884,94
Количество		75 519 774,07	85 961 290,41	95 285 432,42

На основе этих данных рассчитывается значение коэффициента местоположения (LQ) для определения базового и небазового секторов в округе Южный Бангка. Ниже приводится таблица расчетов с использованием метода коэффициента местоположения (LQ) в округе Южный Бангка с 2020 по 2022 год (таблица 3).

Таблица 3 - LQ Величина Для Региона Южная Банка

LQ Величина Для Региона Южная Банка 2020-2022							
№	Сфера бизнеса	LQ = (qi/qr)(Qi/Qn)				LQ вел-на	Катего-рия от-расли
		2020	2021	2022	Сред-нее		
1	Сельское, лесное и рыболовное хозяйство	2.04	2.05	2.10	2.06	>1	базовая
2	Горное дело и раскопки	1.72	1.88	2.01	1.87	>1	базовая
3	Обрабатывающая промышленность	0.27	0.24	0.25	0.25	<1	не базовая
4	Закупка электроэнергии, газа	0.62	0.60	6.85	2.69	>1	базовая
5	Водоснабжение, управление отходами, отходы и переработка	0.90	0.90	0.91	0.91	<1	не базовая

6	Строительство	0.89	0.89	0.90	0.89	<1	не базовая
7	Оптовая и розничная торговля, Ремонт автомобилей и мотоциклов	0.72	0.72	0.73	0.73	<1	не базовая
8	Транспорт и складирование	0.23	0.23	0.20	0.22	<1	не базовая
9	Предоставление проживания и питания	0.82	0.82	0.84	0.82	<1	не базовая
10	Информация и коммуникация	0.33	0.34	0.34	0.34	<1	не базовая
11	Финансовые услуги и страхование	0.28	0.28	0.29	0.28	<1	не базовая
12	Недвижимость	1.01	1.00	1.01	1.01	>1	базовая
13	Услуги компании	0.55	0.53	0.53	0.54	<1	не базовая
14	Государственное управление, оборона и обязательное социальное обеспечение	0.95	0.96	0.98	0.96	<1	не базовая
15	Образовательные услуги	0.85	0.86	0.87	0.86	<1	не базовая
16	Медицинские услуги и социальная деятельность	0.49	0.50	0.50	0.49	<1	не базовая
17	Другие услуги	0.47	0.46	0.47	0.47	<1	не базовая

По результатам расчетов *коэффициента местоположения* (LQ) в течение анализируемого периода с 2020 по 2022 год, сектор сельского, лесного и рыбного хозяйства (2,06), горнодобывающий сектор (1,87), Сектор закупок электроэнергии, газа (2,69), сектор недвижимости (1,01) в округе Южная Бангка, поскольку он имеет потенциал стать базовым видом деятельности. На основе данных ВРП округа Южная Бангка и валового внутреннего продукта (ВРП) провинции Бангка-Белитунг в постоянных ценах за период с 2020 по 2022 год можно провести расчеты с использованием метода *коэффициента местоположения* (LQ), чтобы получить сравнительное преимущество, которое район по сравнению с экономикой провинции. Точно так же, как и для экономики провинции Бангка-Белитунг, будут известны базовый и небазовый секторы.

По результатам общего анализа трех секторов, которые считаются базовыми секторами в округе Южная Бангка с 2020 по 2022 год, этими секторами являются сектор сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, Сектор электроэнергетики, газоснабжения и сектор недвижимости. Из трех секторов наибольший вклад в ВРП за определенный период времени в районе Южная Бангка внес сектор закупок электроэнергии и газа. Увеличение или уменьшение

значения *коэффициента местоположения* (LQ) вызвано тем, что темпы экономического роста Южного Региона Бангка выше или ниже, чем у провинции островов Бангка Белитунг.

Помимо базового сектора, в анализе *коэффициента местоположения* (LQ) в округе Южная Бангка есть также небазовый сектор. По результатам анализа с использованием метода *коэффициента местоположения* (LQ) было обнаружено, что небазовый сектор в округе Южная Бангка находится в секторе обрабатывающей промышленности, секторе P водоснабжения, отходах, управлении отходами и переработкой отходов, строительном секторе, Сектор оптовой и розничной торговли, Ремонт автомобилей и мотоциклов, Сектор транспорта и складирования, Сектор проживания и питания, Сектор информации и связи, Сектор финансовых услуг и страхования, Сектор недвижимости, Сектор корпоративных услуг, Сектор государственного управления и обязательного социального обеспечения, Образование Сектор услуг, сектор здравоохранения и другие услуги, где эти небазовые сектора имеют значение *коэффициента местоположения* (LQ) менее 1 (<1), поэтому эти сектора считаются недостаточными или не вносящими вклад в значение ВРП в округе Южная Бангка.

Заключение

Согласно исследованию с использованием метода *коэффициента местоположения* LQ, базовыми секторами в округе Южная Бангка в период с 2020 по 2022 год являются сектор сельского, лесного и рыбного хозяйства, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, Сектор закупок электроэнергии, газ, сектор недвижимости. При этом к небазовым секторам относятся сектор перерабатывающей промышленности , сектор водоснабжения, управление отходами, отходами и их переработкой, строительный сектор, сектор оптовой и розничной торговли, ремонт автомобилей и мотоциклов, сектор транспорта и складирования, сектор проживания и питания , информация. и связь, сектор финансовых услуг и страхования, сектор недвижимости, сектор корпоративных услуг, сектор государственного управления и обязательного социального обеспечения, сектор образовательных услуг, сектор здравоохранения и другие услуги.

Список литературы

1. Clara Ayu Monica, et al. (2017). Analysis of Regional Potential as an Effort to Improve the Regional Economy in Southern Sumatra. *Journal of Development Economics* , Vol. 15 No. 1: 60-68.

2. Kusdiana, Didik dan Candra Wulan. (2007). Analisis Daya Saing Ekspor Sektor Unggulan di Jawa Barat. Junal Trikonomika Fakultas Ekonomi UNPAS, 6(1).

3. Juliani. (2020). Leading Potential of the Bangka Belitung Islands Province. *Economic Journal* , Vol. 8(1): pages 47-55.

4. Robinson Tarigan, Ekonomi Regional Teori dan Aplikasi, 2019, cetakan kesepuluh, Bumi Aksara Jakarta

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ, ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИННОВАЦИИ

Бабенышева А. С., Магдин А. Г., канд. техн. наук, доцент
Горбунов А. А., канд. техн. наук доцент,
Магдина Т. А., Припадчева Д. А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) часто применяют для различных целей в самых разных сферах жизнедеятельности – для съёмки, раскопок, строительства, охраны, искусства, рекламы, скотоводства, отслеживание лесных пожаров, состояния гидроэлектростанций, а также газо- и нефтепроводов, в сфере обслуживания и т.п.

По прогнозам Министерства промышленности и торговли РФ, к 2030 году в России возникнет необходимость в 1 млн разработчиков и операторов дронов. На данный момент эта область достаточно узкая, поэтому вакансий пока немного – до 100 предложений по стране. Но это не мешает этому направлению быть перспективным, и на рынке труда практически полностью нет конкуренции.

Программист занимается разработкой ПО: благодаря ему дрон можно использовать для решения практических задач. Проектировщик дронов – специалист, который занимается проектированием дронов, разработкой их конструкции и сборкой. На финальном этапе проектировщик тестирует аппарат. Одна из перспективных отраслей, для которой БПЛА могут использоваться и значительно повысить производительность – сфера сельского хозяйства.

Сельскохозяйственное производство – это один из важных секторов экономики во многих странах мира. Однако, реализация большой производительности и эффективности в данной отрасли зачастую сталкивается с рядом проблем, таких как ограниченные ресурсы, необходимость гораздо более точных методов обработки полей и неэффективное применение удобрений и пестицидов. Эксплуатация дронов – беспилотных летательных аппаратов – в сельском хозяйстве может быть одним из решений для этих проблем.

В основном агропромышленным комплексом используется два вида беспилотных летательных аппаратов:

1. Самолетный тип. Данный вид БПЛА применяется при облете больших территорий, так как у него имеются высокие аэродинамические показатели. Также используется для съемок предметов, расположенных на большом расстоянии. Однако у данного типа имеются недостатки, например, отсутствие умения зависания.

2. Дроны. У этого вида БПЛА есть способность точечно снимать одно место, а также, в отличие от самолетного типа, опрыскивать участки земли. Дроны

имеют достаточно простую конструкцию и устойчивы в воздухе. Недостатки этого типа БПЛА – низкая скорость и ограничение на полеты, что уменьшает расстояния передвижения по воздуху.

Основные достоинства применения дронов в сельском хозяйстве.

1. Мониторинг и анализ участков земли.

Дроны, оборудованы фото-, видеоаппаратурой и сенсорами, могут осуществлять детальное сканирование полей и получать важные данные о качестве почвы, состоянии посевов и уровне влажности. Это даёт возможность агрономам эффективнее контролировать и оптимизировать процессы роста, и принимать решения о необходимости удобрений или опрыскивания пестицидами.

2. Распыление удобрений и пестицидов.

Дроны способны автоматически распылять удобрения и пестициды на полях, применяя точные системы навигации и дозирования, что делает распределение средств защиты на растения более равномерным и снижает затраты удобрений. В дополнение к этому, дроны имеют возможность добираться до труднодоступных участков посевов, до которых механизированными средствами добраться затруднительно.

3. Полив и орошение.

Дроны могут использоваться для полива и орошения полей, даже в тех областях, где доступность воды ограничена. БПЛА способны точно вычислить необходимый объем жидкости и доставить воду на нужные участки полей, уменьшая потери и повышая эффективность полива.

4. Поиск болезней и вредителей.

С помощью инфракрасных камер дроны обнаруживают заболевания посевов и наличие вредителей еще до появления видимых признаков. Это преимущество позволяет агрономам принимать меры по борьбе с ними на ранней стадии и предотвращать распространение болезней или повреждение урожая.

5. Оптимизация применения машин и ресурсов.

Использование БПЛА даёт возможность для более точного и эффективного планирования и управления процессами в сельскохозяйственном производстве. С помощью них определяется оптимальный период для сбора урожая, контролируется состояние и расход ресурсов, а также снижаются затраты на топливо и транспортировку.

Итак, достоинства использования БПЛА в сельском хозяйстве включают:

– высокую скорость исследования территорий,

– более качественные полученные данные,

– возможность мониторинга в режиме реального времени и контроля выполненных работ.

Но, есть и недостатки, такие как необходимость получения разрешения на полет, зависимость длительности работы от энергоёмкости аккумулятора и зависимая от управления точность полученных данных.

Чтобы достичь наибольшей эффективности в сфере сельского хозяйства нужно иметь постоянно обновляющуюся информацию о территории и посевах, и самый простой способ это осуществить – использовать БПЛА.

В 2023 году в России был осуществлён проект по внедрению сельскохозяйственных БПЛА, в котором участвовали 12 регионов. Во время проведения эксперимента на этих территориях действовали особые условия регулирования – экспериментальные правовые режимы по использованию беспилотных авиасистем. Специалисты считают, что этот проект позволит ускорить развитие сферы БПЛА и его результаты будут использоваться для принятия решений о дальнейшем развитии отрасли [1].

Современные российские разработки сельскохозяйственных БПЛА.

Дрон SMELCOM Robotics — AGRODAY (Рисунок 1) от учащихся Астраханского ГУ производит опыление в различных местах по определённому маршруту с предварительной обработкой информации, полученной с другого устройства. Платформа полностью динамична, компактна, разборна, удобна в использовании. Это несомненный плюс при транспортировке устройства к месту эксплуатации. Не считая этого, если отсоединить бак для опыления, можно использовать его и для других целей. Летательный аппарат может распылять любые препараты, которые будут в него заранее залиты. Кроме того, новый аппарат способен выполнять опыление на площадях разных масштабов и точечно, и на больших пространствах [2].

Рисунок 7 – Летательный аппарат SMELCOM Robotics — AGRODAY

«Агроскаут» (Рисунок 2) – первый дрон с функцией определения растений и сорняков и с функцией рекомендаций по выбору гербицидов и сроков обработки. БПЛА способен проводить автоматизированный поиск на полях с различными посаженными культурами, может отслеживать состояние посевов и

эффективность проведенных мероприятий, распознавать проблемы, предсказывать густоту, вычислять урожайность и сроки уборки [3].

Рисунок 8 – Дрон Альбатрос Агроскаут от ГЕОМИР

Кубанская компания FLY SEE AGRO (Рисунок 3) представила инновацию в сфере биологической защиты растений — технологию применения собственно спроектированных и произведенных дронов, а также IT-решений отслеживания и вычисления программы применения энтомофагов. Биологическая защита растений даёт возможность спасти большую часть урожая, повысить эффективность агротехнологий. Сервис эффективен при защите самых разных культур: подсолнечника, сои, кукурузы, рапса, нута, сахарной свеклы, картофеля, хлопка и даже киноа. Инновация позволяют проводить точный мониторинг всхожести и индекса вегетации растений, своевременно и без трудозатрат осуществлять ультрамалообъемное опрыскивание препаратами, определять потребность в удобрениях и проводить десикацию полей, принимать комплексные меры для повышения и сохранения урожая. [4].

Рисунок 9 – FLY SEE AGRO

Рынок беспилотников в России растёт, появляются новые модели, расширяется и совершенствуется функционал старых. Эта сфера активно развивается – появляются проекты, внедряющие агродроны в сельскохозяйственную промышленность, упрощаются законы, связанные с использованием БПЛА в различных. Всё это делает профессии, связанные с проектированием и управлением БПЛА, более востребованными, актуальными и перспективными.

Список литературы

1. Правительство внедрит сельскохозяйственные беспилотники в 12 регионах [Электронный ресурс]: – Сетевое издание РИА Новости. – URL: https://ria.ru/20230919/bpla-1897130301.html?ysclid=lqmmef5v3y944236539 (дата обращения: 26.12.2023).

2. Роботы АГУ помогут при исследовании земельных и водных участков [Электронный ресурс]: – Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева. – URL: https://asu.edu.ru/news/11582-roboty-agu-pomogut-pri-issledovanii-zemelnyh-i-vodnyh-uchastkov.html (дата обращения: 26.12.2023).

3. ГЕОМИР презентовал новый сельхоздрон Альбатрос Агроскаут [Электронный ресурс]: – ООО «ГлавАграрРус». – URL: https://glavpahar.ru/news/geomir-prezentoval-novyy-selhozdron-albatros-agroskaut (дата обращения: 26.12.2023).

4. «Край аграрный» БПЛА FlySeeAgro [Электронный ресурс]: – FlySeeAgro. – URL: https://flyseeagro.ru/kraj-agrarnyj-bpla-flyseeagro/ (дата обращения: 26.12.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ДЕБИТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Бексултанов Б. С., Береговая А.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время нефтяная промышленность активно внедряет современные технологии в процессы добычи нефти. Одним из ключевых аспектов в этой области является прогнозирование дебита нефтяных скважин, что позволяет операторам и инженерам принимать обоснованные решения по оптимизации процессов добычи и повышению эффективности скважин. В данной статье мы рассмотрим актуальность применения линейной нейронной сети для прогноза дебита нефтяных скважин и его потенциальный вклад в развитие отрасли.

Нефтяная отрасль сталкивается с постоянной необходимостью оптимизации процессов добычи и управления скважинами. Одним из критически важных параметров в этом контексте является дебит скважины, который представляет собой объем нефти, поступающий из скважины за единицу времени. Прогнозирование этого параметра имеет большое значение для разработки стратегий добычи, планирования обслуживания скважин и обеспечения безопасности процессов добычи.

В данной статье для прогноза дебита нефтяной скважины используем линейную нейронную сеть. Данный способ является весьма эффективным и гибким подходом к прогнозированию, учитыванию сложных взаимосвязей между параметрами скважины и дебитом. В связи с этим мы можем сказать, что внедрение линейной нейронной сети является актуальной темой исследования.

Линейная модель представляет собой простую сеть, лишенную промежуточных слоев, что делает ее одной из самых простых и понятных моделей в мире нейронных сетей. Веса модели отображаются в матрицу, а пороги соответствуют вектору смещения. Каждый элемент выходного слоя обрабатывается линейной функцией активации. Во время работы линейная нейронная сеть выполняет операцию умножения входного вектора на матрицу весов, после чего добавляет вектор смещения к полученному результату.

Одним из наиболее распространенных методов обучения линейных нейронных сетей является использование стандартного алгоритма линейной оптимизации, который предполагает базирование на псевдообратных матрицах. В контексте решения практических задач нейронных сетей, линейная модель служит отправной точкой для оценки качества процесса обучения, что остается ключевым аспектом данной методологии. При помощи линейного метода решаются довольно сложные задачи. Это будет тот случай, когда задача имеет ограниченное количество обучающих данный.

Адаптивную настройку шага обучения используем в качестве примера алгоритма обучения линейной нейронной сети. В данном случае выходное значение *j*-го нейрона сети для *k*-го образа $x^k = (x_1^k, \dots \cdot x_n^n)$ определяется

$$y_j^k = \sum_i \omega_{i,j} x_i^k - T_j, i = 1, \dots, m, k = 1,2 \dots L \quad (1)$$

Для линейной нейронной сети величина адаптивного шага обучения определяется соотношением

$$\alpha(t) = \frac{\sum_{k=1}^{L}\sum_{j=1}^{m}(y_j^k - t_j^k)(\sum_{p=1}^{L}(y_j^p - t_j^p)(\sum_{i=1}^{n} x_i^p x_i^k + 1)}{\sum_{k=1}^{L}\sum_{j=1}^{m}(\sum_{p=1}^{L}(y_j^p - t_t^p)(n\sum_{i=1} x_i^p x_i^k + 1))^2} \quad (2)$$

При этом модификация весовых коэффициентов *ώi,j* и порогов нейронной сети *Ti* определяется выражениями:

$$\omega_{i,j}(t+1) = \omega_{i,j} - \alpha(t)\sum_{k=1}^{L}(y_j^k - t_j^k), i = 1,2, \dots n. j = 1,2 \dots, m \quad (3)$$

$$T_j(t+1) = T_J(T) + \alpha(T)\sum_{K=1}^{L}(y_j^k - t_j^k), j = 1,2, \dots, m. \quad (4)$$

Линейная нейронная сеть обладает как преимуществами, так и недостатками. К первым относятся простота как программной, так и аппаратной реализации модели, а также быстрый и простой алгоритм обучения. Тем не менее, недостатком является ограничение в решении сложных задач распознавания из-за использования простых разделяющих поверхностей, которые могут эффективно решать лишь основные задачи распознавания. Приложения линейной нейронной сети часто находятся в областях распознавания образов, классификации и прогнозирования [1].

Применение программного комплекса NNet существенно влияет на решение задач нефтепромысловой геологии. Сфера данного приложения охватывает большой ряд аспектов прогнозирования и анализа данных в нефтяной промышленности. ПК NNet в Microsoft Visual C++ 6.0 основанная на искусственных нейронных сетях хоть и требует высокой производительности, но существенно повышает эффективность обучения нейросетей, за счет работы на низком уровне, в отличии от RAD-средств. В конечном итоге позволяет обеспечить их более высокую устойчивость и быстродействие. Вышеупомянутые критерии являются важным фактором в области нефтепромысловой геологии.

Программный комплекс NNet, основанный на модели многокомпонентных объектов COM (Component Object Model) представляет из себя значимый инструмент. Примером является то, что ПК NNet предоставляет нейросетевую функциональность через ядро программного средства. При помощи инструмен-

тов COM-объект NetCore, и интерфейс INetCore. С использованием COM возникает возможность создания двоичных исполняемых файлов, предоставляющих необходимые сервисы для приложений, операционных систем и других компонентов, благодаря чему обеспечивается эффективная работа с нейросетевыми функциями.

Данный подход является важным для использования нейросетевых моделей в контексте нефтепромысловой геологии. Рассмотрим различные методы интеграции нейронных моделей для моделирования процессов нефтедобычи в геоинформационные системы, которые ориентированы на использование в управлении дебитом нефтяных скважин на месторождениях:

1. В первом случае информационная система, действующая как контейнер COM-объектов, предоставляющих функциональность нейронных сетей, объединяет модуль нейронного моделирования;

2. Во втором варианте модуль нейронного моделирования представляет собой автономное программное средство. Программный модуль, путем экспорта и импорта данных через файлы, сохраненные на жестком диске, взаимодействует с информационной системой.

Процессы взаимодействия внутри программного продукта и все требования к имитатору формализуются с использованием структурно-функциональной диаграммы процессов, изображенной на рисунке 1. Данная диаграмма разрабатывается в соответствии с методологией IDEF0.

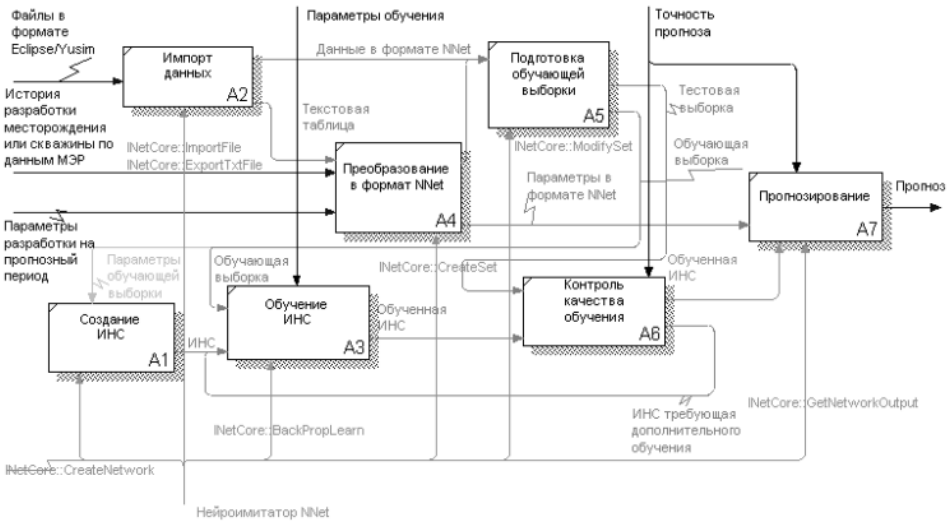


Рисунок 1 – Диаграмма процессов нейроимитатора «NNet»

Нейроимитатор NNet, имеющий возможность ускорить и упростить разработку нейросетевых моделей процессов дебита нефтяной скважины создан на основе данной диаграммы.[2].

Главным преимуществом нейронных сетей является их способность решения нелинейных задач. Тем не менее не стоит недооценивать простые линейные модели. Например, существуют ситуации, где простой подход решения ме-

тодом линейных задач имеет более лаконичный и простой расчет, нежели нелинейный метод. Это утверждение в значительной степени применимо к проблеме прогнозирования дебита нефтяных скважин по ежемесячным регулярным наблюдениям, рассматриваемой в данном разделе.

Рассмотрим простую горизонтальную выборку данных: входными параметрами для обучения нейронной сети служат текущее время, время работы и объем добычи для нагнетательных скважин, а также время работы добывающих скважин. Среднесуточный дебит добывающих скважин представляет собой прогнозируемый параметр.

Оценка точности обучения и прогнозирования производилась на основе данных, вносимых с уровнями погрешности, изменяющимися с шагом в 10% (0, 10, 20, 30%) для дебита и приемистости, а также с шагом в 2% (0, 2, 4, 6%) для времени работы скважин.

Главной целью таких вычислений является оценка устойчивости линейной сети к шумам и погрешностям. Эта оценка производится в зависимости от уровня внесенных погрешностей и количества добывающих скважин. Подробные результаты оценки приведены на рисунке 3.

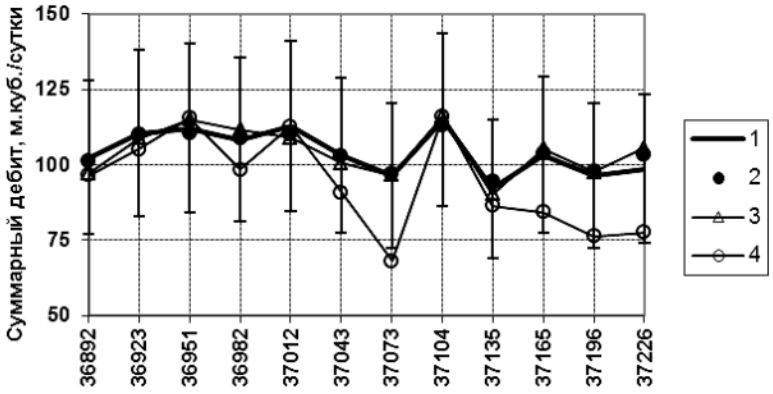
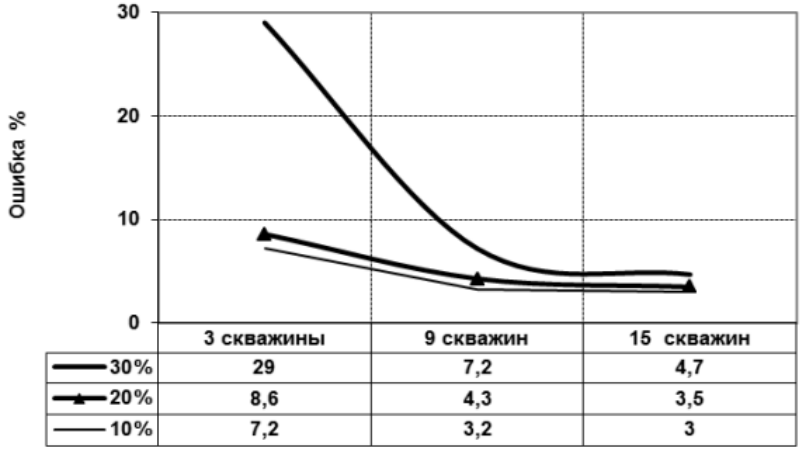


Рисунок 3 – Прогноз суммарного дебита для конфигурации из 2 нагнетательных и 3 добывающих скважин.

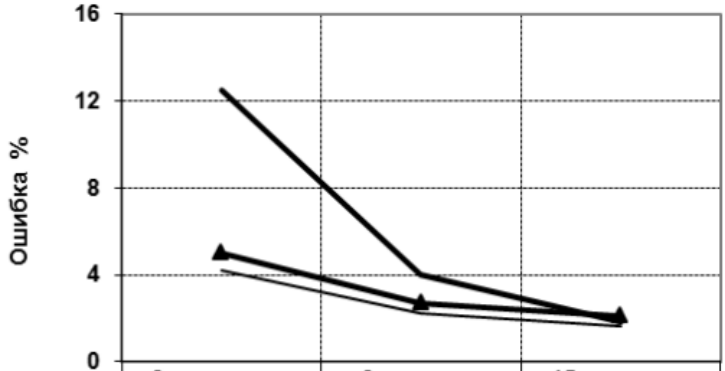
Согласно прогнозу суммарного дебита для системы из 2 нагнетательных и 3 добывающих скважин (рис. 3) диапазон доли погрешностей в исследовании составляет от 25 до 30% при максимальном уровне вносимых погрешностей. Для ознакомления с тенденциями ошибок прогноза, зависящих от количества скважин и уровня погрешностей, можно ознакомиться на рисунках 5 и 6.

Анализ полученного графика позволяет сделать вывод о необходимости расширения объема обучающих данных для улучшения качества прогноза общего дебита. Важно включить в обучающий комплекс параметры, описывающие работу как добывающих, так и нагнетательных скважин. Этот вывод открывает перед исследователями возможность применения не только количественной оценки средней и максимальной погрешности модели прогнозирования, но также позволяет определить влияние поступающих погрешностей и количество добывающих скважин [3].



	3 скважины	9 скважин	15 скважин
30%	29	7,2	4,7
20%	8,6	4,3	3,5
10%	7,2	3,2	3

Рисунок 5 – Анализ влияния количества добывающих скважин на максимальные ошибки прогноза общего дебита при различных уровнях вносимых погрешностей



	3 скважины	9 скважин	15 скважин
30%	12,5	4	1,8
20%	5	2,7	2,1
10%	4,2	2,2	1,6

Рисунок 6 – Анализ взаимосвязи средних ошибок прогноза общего дебита от количества добывающих скважин при различных уровнях внесенных погрешностей

Одной из основных задач нейронных вычислений является прогнозирование результатов добычи нефти отдельных скважин и их классификация. Дальнейшим этапом является анализ точности нейронных вычислений, проводимых с использованием линейных моделей и вертикальных обучающих выборок.

Основополагающей нашего подхода является построение вертикальных выборок на ранее подготовленных – горизонтальных. Его преимуществом является простое сравнение результатов исследования двух типов выборок, а также формирование выводов и рекомендаций.

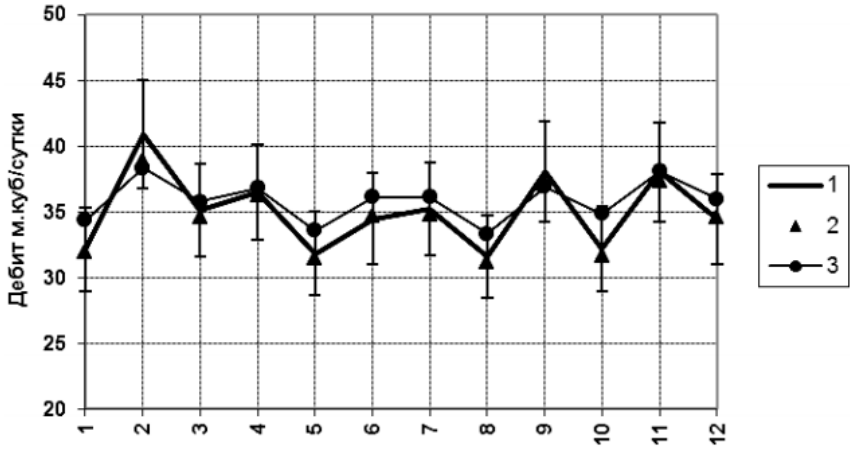


Рисунок 7 – Прогноз добычи нефти для отдельной скважины

Давайте рассмотрим уже изученную систему, включающую 4 нагнетательные и 9 добывающих скважин. Проведем анализ добычи нефти с использованием вертикальной обучающей выборки для 4-ой добывающей скважины. Подробные результаты этого анализа представлены на рисунке 7.

В сравнении с горизонтальной обучающей в данном случае, количество полей обучения уменьшится на величину 2*(Np–1–1). Пропорционально этому увеличивается и количество примеров обучения в 2*(Np–1) раз, где Np – количество добывающих скважин.

Проведем анализ максимальных и средних отклонений между фактическими и прогнозируемыми значениями, что поможет оценить точность нейронного прогноза. Следует отметить, что результаты этой операции могут различаться в зависимости от того, была ли предыдущей оцененной характеристикой общая добыча или итоговое значение прогноза для каждой отдельной скважины. Этот вид оценки точности представляет собой сложную задачу, поскольку требует построения отдельных таблиц и диаграмм для каждой скважины. В качестве альтернативы мы рассматриваем следующий вариант.

Массив прогностических данных, а также результаты каждой скважины послужат основным объемом для определения наивысших результатов. Далее мы сможем определить среднее максимальное значение, охватывающее все скважины. Данная операция позволит нам найти средние ошибки обучения и прогнозирования.

Далее мы провели расчеты этих показателей для систем с различным количеством скважин: 2 нагнетательные и 3 добывающих, 4 добывающих и 9 добывающих, а также 6 нагнетательных и 15 добывающих. Как и ранее, мы варьировали уровень вносимой погрешности в пределах 0, 10, 20, 30% для дебита и приемистости, а также в пределах 0, 2, 4, 6% для времени работы скважин.

Мы наблюдаем улучшение точности прогнозирования суммарной добычи при использовании горизонтальных обучающих выборок. Однако в случае, приведенном выше, увеличение количества скважин не приводит к улучшению это-

го эффекта. Возможное объяснение заключается в ошибках в определении параметров обучения, таких как приемистость.

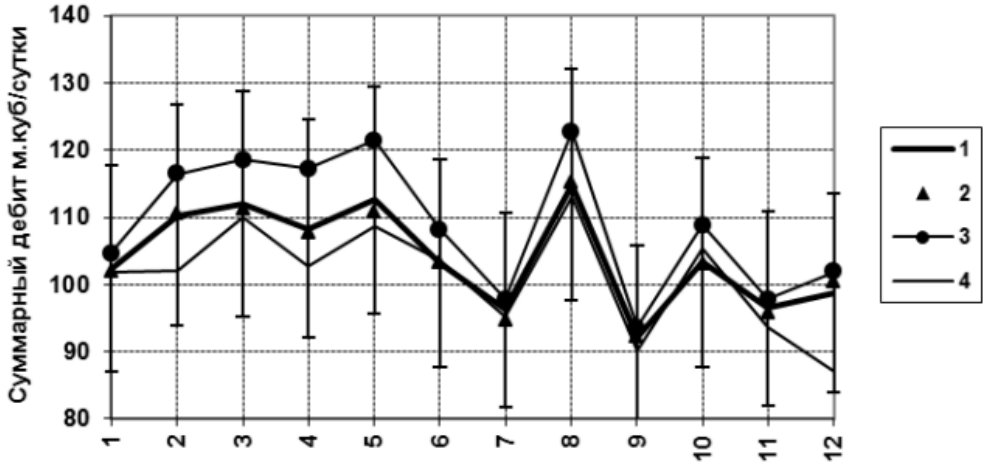


Рисунок 8 – Прогноз общей добычи на основе прогнозов по отдельным скважинам

Регуляризирующие свойства нейронных алгоритмов могут оказывать влияние на уменьшение ошибок, что проявляется при последующем анализе совокупной добычи, полученной из прогнозов для отдельных скважин. Детальное рассмотрение этого явления происходит в процессе исследования природы многослойных нейронных сетей, полученных с использованием метода обратного распространения ошибки. Одним из примеров таких расчетов является представленный на рисунке 8 [4].

На основе приведенных выше исследований следует сделать вывод, что для эффективного выполнения анализа и предположения суммарного дебита выделенных фрагментов нефтяного месторождения необходимо использовать линейные нейронные сети. Их главным преимуществом является небольшой набор вводных данных для обучения системы.

Список литературы

1 Иваненко, Б.П. Нейросетевые методы имитационного моделирования процессов нефтедобычи. Нейрокомпьютеры: разработка и применение: автореф. дис… канд. техн. наук/ Б.П. Иваненко. - 2003. - С. 43-49.

2 Проказов, С.А. Информационное моделирование процессов нефтепромысловой геологии: учеб. для вузов / С.А. Проказов, В.А. Силич. - Самара. 2003.-102–104.

3 Иваненко, Б.П. Нейросетевые методы моделирования задач нефтепромысловой геологии: монография / Б.П. Иваненко, С.А. Проказов – Новосибирск, 2003. - 136–139.

4 Проказов С.А.. Нейросетевые методы и программное обеспечение для решения задач нефтепромысловой геологии : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 : Томск. 2003 - 114 с.

РАСПЫЛИТЕЛИ СИСТЕМ НАДДУВА ТОПЛИВНЫХ БАКОВ

Близинцев Д.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Жидкостным ракетным двигателем называется ракетный двигатель, принципом работы которого являются использование свойств жидкого топлива.

В основу работы жидкостной ракетной двигательной установки также входят системы подачи и хранения топлива. Весь технический комплекс жидкостной реактивной двигательной установки состоит из двух систем – это система управления и пневмогидравлическая система. Пневмогидравлическая система представляет собой установку, которая обеспечивает хранение и подачу топлива к камере сгорания и газогенератору, который создает постоянное давление в баке.

При проектировании топливного бака жидкостного ракетного двигателя возникает множество проблем, связанных с работой системы в целом. Основными проблемами являются: выбор форм бака, которая влияет на размещение всех компонентов летательного аппарата; термическое расслоение топлива, которое влияет на работу жидкостной двигательной установки; перемещение центра масс, топливо имеет свойство перемещаться в зависимости от траектории полета летательного аппарата, в результате изменяется центр масс.

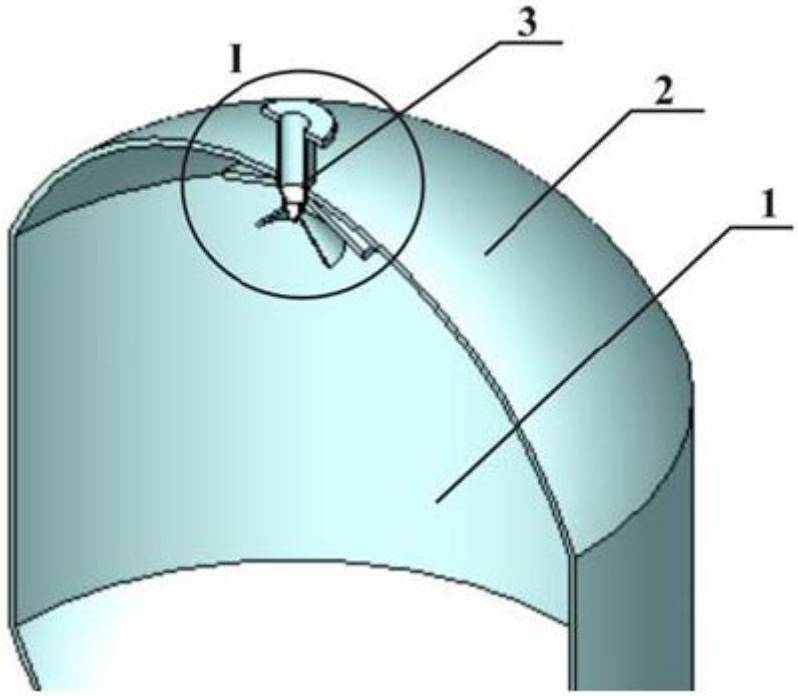
Все вышеперечисленные проблемы в топливном баке являются одинаково равнозначны, однако, проблема перемещения топлива в баке может привести к потере ориентации летательного аппарата в пространстве, что в свою очередь приведет к потери летательного аппарата в целом. Для предотвращения перемещения топлива в баке, используют систему наддвува бака.

Наддув бака – это процесс создания в баке летательного аппарата давления над топливом за счет газогенерации. Наддув баков используется для бескавитационной работы насосов, а также для необходимой устойчивости оболочки баков. Объём топлива на разных режимах полета уменьшается, что создает пространство для маневрирования топлива, наддув решает данную проблему. Так же повышая давления внутри бака, можно увеличить число оборотов насоса, предотвращая образование кавитации. Однако при этом будет увеличиваться масса баков и всей системы наддува в целом.

Наддув бака производят различными способами: наддув газом из аккумулятора давления, наддув парами компонентов, наддув с помощью жидкостного газогенератора.

Однако, стоит указать на следующий момент, что несмотря на выбор способа наддува бака в любом случае будет наблюдаться такое явление как вспенивание находящейся жидкости в баке. Так происходит по следующей причине, скорость истечения газов очень высокая, в следствии чего молекулы газа, обладая высокой кинетической энергией, передают ее топливу. Для предотвращения

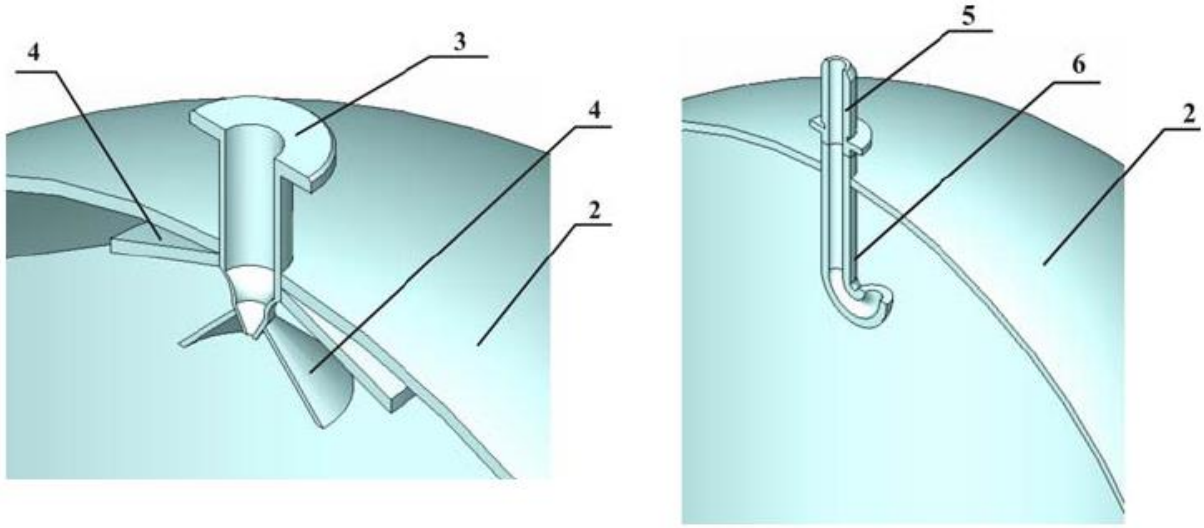
данной проблемы необходимо применять распылители систем наддува. Подобное явление стоит предусмотреть еще на этапе проектирования летательного аппарата и выбора формы топливного бака (рисунок 1).



1 – бак; 2 – верхнее днище; 3 – штуцер

Рисунок 1 – Распылители системы наддува

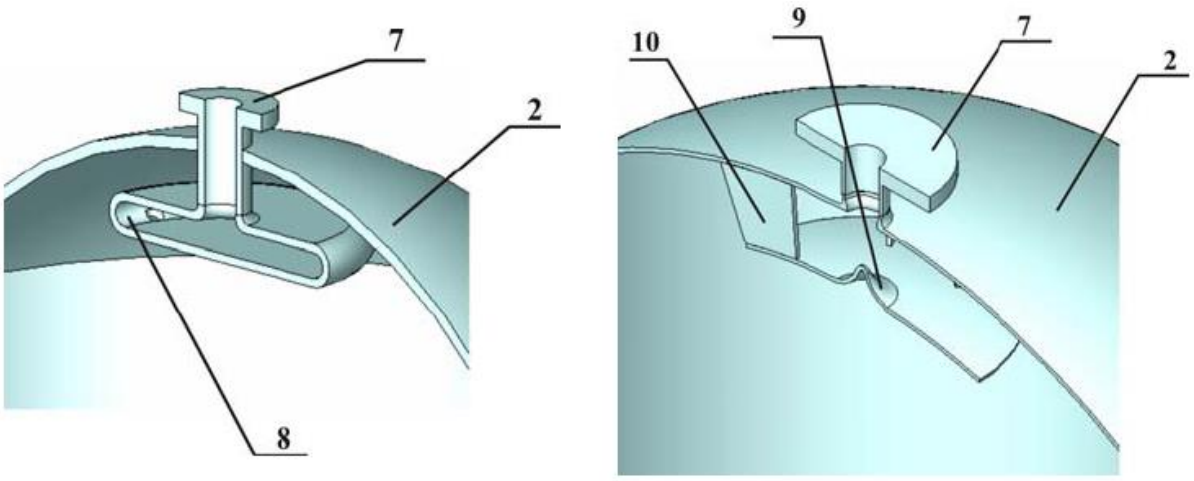
Распылители систем наддува имеют множество схем исполнения. Одной из более простых схем является схема штуцер (рисунок 2).



2 – верхнее днище; 3 – штуцер; 4 – конус; 5 – штуцер; 6 – трубка;

Рисунок 2 – Распылители системы наддува (схема штуцер)

Так же применяется схема фланец (рисунок 3).



2 – верхнее днище; 7 – фланец; 8 – распылитель; 9 – рассекатель; 10 – ребро

Рисунок 3– Распылители системы наддува (схема фланец)

Данные схемы применимы на различных летательных аппаратах и решают проблему частично. Для наиболее полного и эффективного решения проблемы вспенивания топлива внутри бака следует применять схему «спираль» (рисунок 4).

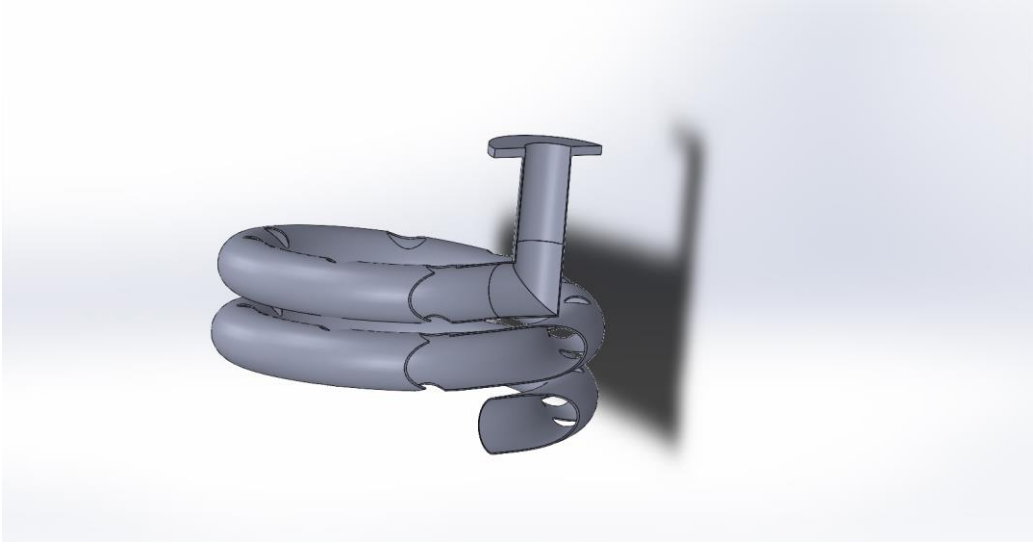


Рисунок 4 – Распылители системы наддува (схема спираль)

Данная система позволяет снизить скорость истечения газов за счет прохождения по спиралевидной траектории, по пути прохождения будут технологические отверстия, которые также снизят кинетическую энергию газа. В совокупности уменьшит высокоскоростной поток газов и предотвратит вспенивание топлива. Что в свою очередь предотвратит проблему термического расслоения в топливном баке.

Список литературы

1 Акимов, В.М. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / В.М. Акимов, В.И. Бакулев. – М.: Машиностроение, 1987. – 568 с.

2 Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский; М.: Наука, 1970. – 679 с.

3 Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование = Working processes in liquid-propellant rocket engine and their simulation [Текст] / под ред. А. С. Коротеева. - Москва : Машиностроение, 2008. - 512 с. : ил. - Парал. тит. л. англ. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-217-03433-8.

4 Раушенбах, Б.В. Физические основы рабочего процесса в камерах сгорания воздушно-реактивных двигателей / Б.В. Раушенбах. – М.: Машиностроение, 1964. – 528 с.

5 Феодосьев, В. И. Основы техники ракетного полета [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. И. Феодосьев.- 2-е изд., испр. - М. : Наука, 2011. - 496 с. - Библиогр.: с. 485-494.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Болотов Р.С., Езерская Е.М., кан. пед. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Роль образовательных учреждений в процессе развития и внедрения композиционных материалов в авиастроении невозможно переоценить. Университеты и научно-исследовательские институты не только обучают будущих инженеров и исследователей, но и являются центрами инноваций, где разрабатываются новые материалы и технологии. Взаимодействие образовательных учреждений с авиастроительными предприятиями и научными организациями позволяет студентам и молодым ученым работать над реальными проектами и задачами, что способствует не только приобретению практического опыта, но и ускорению процесса внедрения инноваций в промышленность.

Одним из таких проектов является исследование, разработка и внедрение на производство авиастроительной отрасли композиционных материалов, в частности прочностных характеристик фюзеляжа транспортных самолетов.

Этот аспект является ключевым для обеспечения безопасности и эффективности авиационной техники. Фюзеляж самолета – это главная часть его структуры, которая должна выдерживать множество нагрузок во время полета, включая воздушное давление, нагрузки от взлета и посадки, а также динамические и статические нагрузки.

Прочность фюзеляжа обычно измеряется в терминах его способности выдерживать определенные нагрузки без повреждений или деформаций. Например, критическая нагрузка для фюзеляжа современного транспортного самолета может достигать от 1,5 до 2 раз превышения веса самого самолета. Это означает, что для самолета весом 500 тонн фюзеляж должен выдерживать нагрузки до 1000 тонн. Такие характеристики достигаются за счет использования высокопрочных материалов и инновационных технологий в конструкции.

Важность этих характеристик не может быть переоценена, поскольку прочность фюзеляжа напрямую влияет на безопасность пассажиров и экипажа. Слабые места в конструкции могут привести к катастрофическим последствиям, особенно при экстремальных погодных условиях или в аварийных ситуациях. Помимо безопасности, прочностные характеристики фюзеляжа влияют и на экономическую эффективность эксплуатации самолета. Чем прочнее и легче фюзеляж, тем меньше топлива потребуется самолету для полета, что, в свою очередь, снижает эксплуатационные расходы авиакомпаний.

Далее стоит отметить, что композиционные материалы (КМ) играют решающую роль в современном авиастроении, открывая новые горизонты в создании легких, прочных и долговечных конструкций. Эти материалы, представляющие собой синтез двух или более компонентов с четко выраженной грани-

цей раздела между ними, включают в себя такие основные элементы, как матрица и наполнитель. Матрица, обычно полимерная, металлическая или керамическая, обеспечивает форму и объединяет наполнитель, который может быть стекловолокном, углеволокном, арамидом или другими усиливающими волокнами.

В авиастроении композиционные материалы классифицируются по типу матрицы и наполнителя. Так, наиболее распространенными являются полимерные матричные композиты (ПМК), в которых полимерные смолы используются в качестве связующего для углеродных, стеклянных или арамидных волокон. Эти материалы отличаются высокой прочностью и жесткостью при сравнительно низком весе, что делает их идеальными для использования в авиационной промышленности.

Преимущества композитов по сравнению с традиционными материалами, такими как алюминиевые сплавы или сталь, многочисленны. Во-первых, это значительное снижение веса конструкций. Например, использование углепластиков может уменьшить вес элементов на 20-30% по сравнению с металлическими аналогами. Во-вторых, композиты обладают высокой устойчивостью к коррозии и усталостным нагрузкам, что увеличивает срок службы авиационной техники и снижает затраты на ее обслуживание (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики композитных и традиционных материалов

Параметр	Композитные материалы	Традиционные материалы (алюминий, сталь)
Вес	На 20-30% легче	Более тяжелые
Устойчивость к коррозии	Высокая	Умеренная
Усталостная прочность	Высокая	Умеренная
Стоимость	Выше	Ниже
Прочность	Высокая	Высокая
Ударная вязкость	Зависит от состава	Высокая
Анизотропия	Присутствует	Отсутствует
Экологическая безопасность	Выше	Ниже

Примеры успешного применения композиционных материалов в авиастроении наглядно демонстрируют их значимость. Один из ярких примеров — конструкция фюзеляжей современных транспортных самолетов, где КМ используются для достижения необходимой прочности при минимизации веса. Например, в самолетах Airbus A350 XWB и Boeing 787 Dreamliner композиты составляют около 50% от общей массы конструкции, что позволяет значитель-

но снизить расход топлива и увеличить экономическую эффективность полетов (рисунок 1).

Помимо фюзеляжа, композитные материалы находят применение в изготовлении крыльев, хвостовых секций, обтекателей двигателей и других нагруженных элементов самолетов. Примером может служить российский самолет МС-21, где крыло полностью выполнено из композитных материалов, что является новаторством для отечественного самолетостроения.

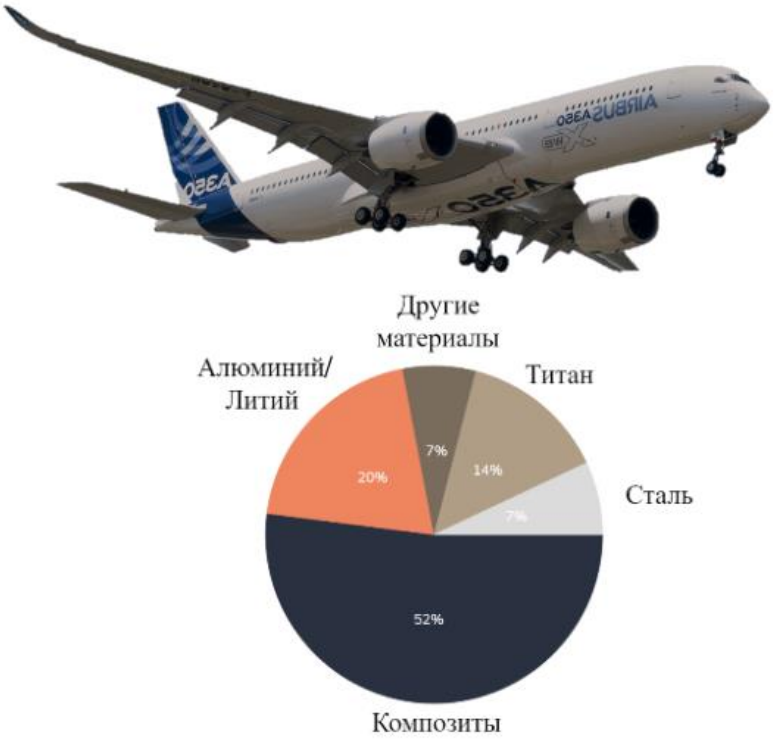


Рисунок 1 – Распределение материалов в конструкции Airbus A350 XWB: Преимущество композитных материалов

Актуальность образовательных программ, направленных на изучение и применение композиционных материалов, должны включать в себя не только теоретические основы материаловедения, но и практические аспекты их использования в конструкции летательных аппаратов. Основное внимание в данных программах уделяется разработке и анализу прочностных характеристик, а также вопросам технологии производства и ремонта изделий из композитов.

Одним из ключевых элементов обучения является глубокое понимание свойств композитных материалов, таких как устойчивость к различным типам нагрузок, долговечность, а также способы их тестирования и контроля качества. Студенты и исследователи должны овладеть знаниями о современных методах моделирования и проектирования композитных конструкций, а также о специфике их эксплуатации и ремонта.

Исследования в этой области направлены на улучшение прочностных свойств, при одновременном снижении веса конструкции, что напрямую влияет на эффективность и безопасность авиатранспорта. Экспериментальные работы,

включая испытания на усталость и долговечность, позволяют не только усовершенствовать существующие материалы, но и разрабатывать новые составы и технологии.

Перспективы использования композиционных материалов в авиастроении кажутся неограниченными. С развитием технологий и увеличением понимания их свойств, композиты все чаще находят применение в наиболее критических и нагруженных элементах самолетов, таких как крылья, хвостовые секции и обтекатели двигателей. В будущем можно ожидать еще большее распространение композитных материалов, включая их использование в еще более широком диапазоне авиационных приложений [3].

Методические подходы в обучении, направленные на глубокое понимание и инновационное применение композиционных материалов, не только формируют квалифицированных специалистов, но и способствуют дальнейшему технологическому прогрессу в авиационной отрасли. Это, в свою очередь, подчеркивает значимость интеграции научных исследований и практического применения достижений в области композитных материалов для будущего авиастроения.

Список литературы

1 Малая, Е. В. Композиционные материалы в современной авиации / Е.В. Малая, А.И. Саввин // Актуальные исследования. 2022. № 49 (128). Ч.I. С. 6-9. URL: https://apni.ru/article/5109-kompozitsionnie-materiali-v-sovremennoj-aviat (дата обращения: 18.01.2024)

2 Панюжев, А. А. Металлы и их сплавы, применяемые в авиастроении / А.А. Панюжев, А.С. Мокшанов // Траектория научно-технологического развития России с учетом глобальных трендов : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 ноября 2019. : Белгород : ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019. С. 138-142. URL: https://apni.ru/article/86-metalli-i-ikh-splavi-primenyaemie-v-aviastroeni (дата обращения: 18.01.2024)

3 Страхова, Н. А. Композиционные материалы специального назначения / Н.А. Страхова, Б.Б. Утегенов, Н.А. Белова, Л.П. Кортовенко // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2020. №2 (32). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnye-materialy-spetsialnogo-naznacheniya (дата обращения: 18.01.2024).

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В ЗДАНИЯХ И ПОМЕЩЕНИЯХ УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Гаврилин Н.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Согласно статистике, количество пожаров на поднадзорных объектах в России с 2021 по 2022 год выросло на 19%, и количество пожаров в зданиях и помещениях учебно-воспитательного назначения (за аналогичный период) выросло на 14,5%, также увеличились и материальные потери [1]. Поэтому вопрос о безопасности, раннем обнаружении и быстрой ликвидации пожара все более актуален. Следовательно, с каждым годом должна эволюционировать как система обнаружения пожаров, так система пожаротушения.

В современном образовательном процессе безопасность и защита жизни студентов, преподавателей и персонала играют решающую роль. Наличие эффективной пожарной сигнализации в зданиях и помещениях учебно-воспитательного назначения, которая способна обнаруживать пожарные происшествия и немедленно передавать сигналы о возгорании находят одной из наиболее важных проблем обеспечения безопасности.

Здесь можно выделить следующие системы пожарной сигнализации:

- пороговые безадресные;
- адресные опросные;
- адресно-аналоговые.

Сейчас одним из современных решений проблемы обнаружения пожара является установка адресно-аналоговой пожарной сигнализации. Система представляет собой комплекс технических средств, которые способны не только определить возгорание, но и точно указать его местоположение. Сигналы с пожарных извещателей, установленных на разные участки помещения, поступают на пульт центра управления. Благодаря этому, есть возможность за короткий промежуток времени принять необходимые меры по локализации и тушению пожара.

Одним из главных преимуществ данной системы является ее высокая точность обнаружения пожара. Благодаря использованию современных технологий и специализированного оборудования, адресно-аналоговая пожарная сигнализация (рисунок 1) фиксирует даже незначительные изменения в окружающей среде и сразу же сигнализирует об этом. Особенно важно в помещениях, где хранятся горючих жидкости либо легковоспламеняющиеся материалы (когда возгорание может произойти мгновенно и запустить цепную реакцию, что на практике приводит к необратимым последствиям).

Также следует выделить, что адресно-аналоговая пожарная сигнализация имеет возможность непрерывной связи с основными системами обеспечения

безопасности (рисунок 2): системой пожаротушения; системой звукового и светового оповещения; системой оповещения ГО и ЧС и т.д.

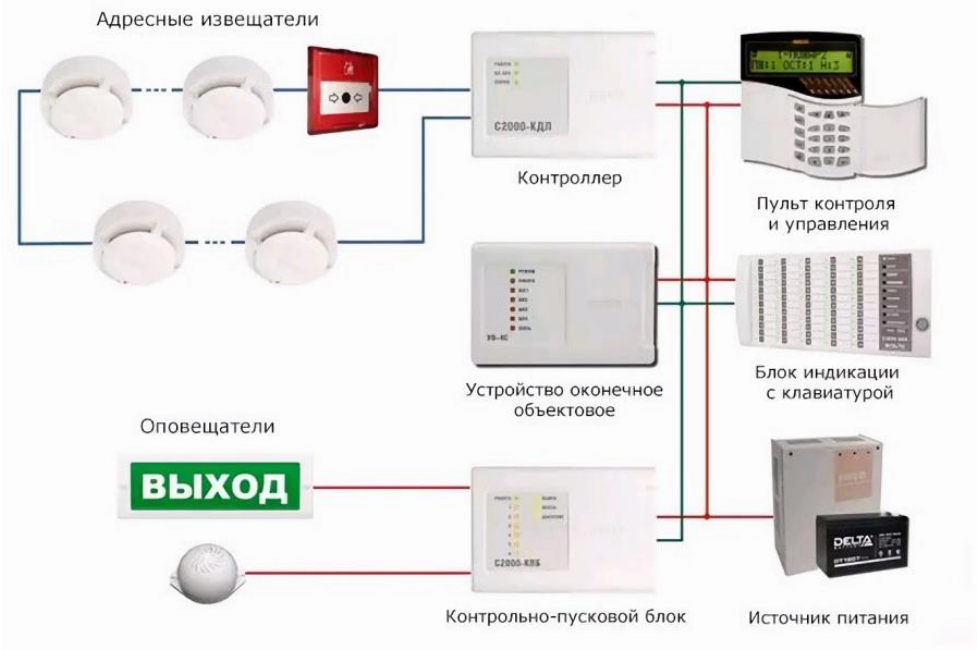


Рисунок 1 - Адресно-аналоговая пожарная сигнализация на базе Пульта контроля и управления С-2000М

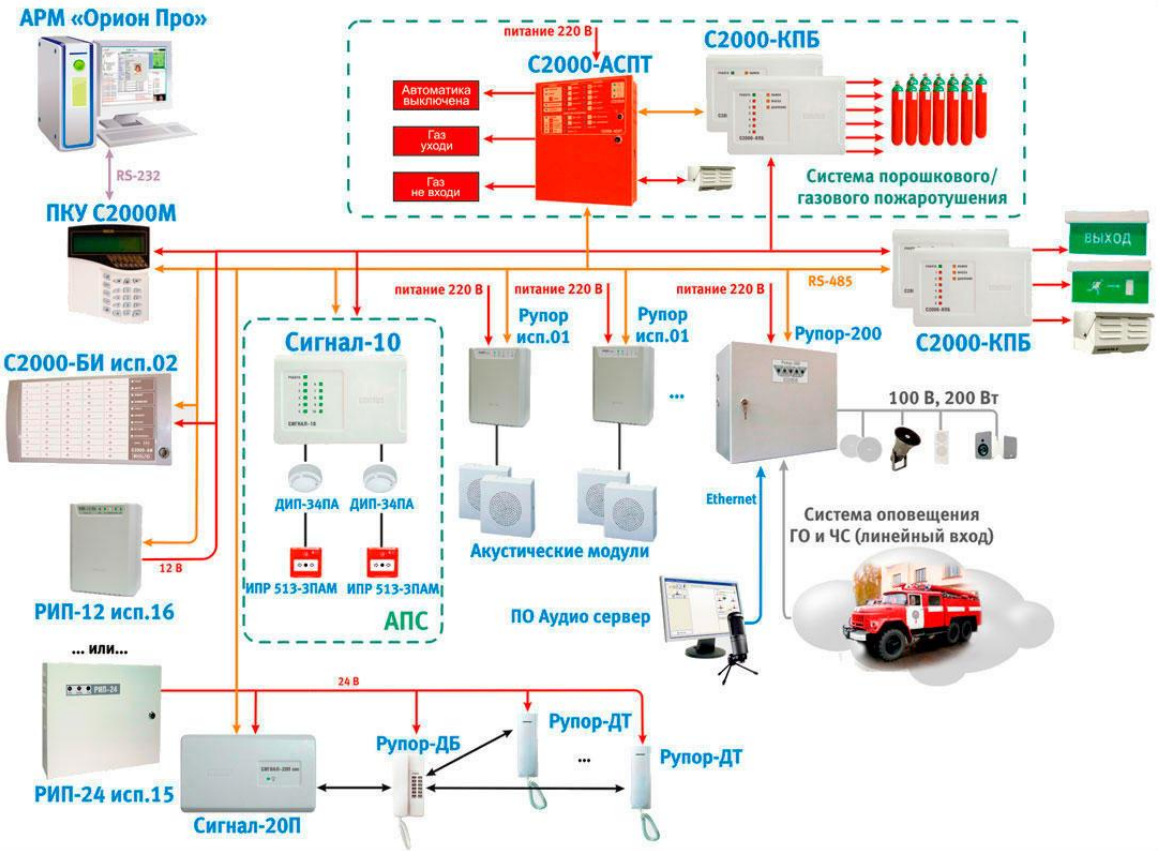


Рисунок 2 – Адресно-аналоговая пожарная сигнализация в совокупности с системами обеспечения безопасностью

Возможность передавать данные о пожаре на пульт контроля и управления сигнализацией, а также незамедлительно информировать пожарные службы, что обеспечивает быстрое реагирование служб, благодаря чему снижается риск людских и материальных потерь [2].

Данный тип пожарной сигнализации прекрасно подходит для зданий и помещений учебно-воспитательного процесса, которые расположены в непосредственной близости друг к другу. Так как существует возможность создания единого пожарного поста, куда будет поступать информация о состоянии пожарной сигнализации всех объектов, что так же ускорит процесс реагирования служб и снизит стоимость затрат на обслуживание пожарной сигнализации [3].

Адресно-аналоговая пожарная сигнализация снабжается источником резервного питания, что позволяет работать в автономном режиме более 1 суток, если в регионе частые проблемы с электроснабжением, существует возможность увеличить период работы в обычном режиме, в режиме пожарной тревоги от 3 часов.

Таким образом, установка адресно-аналоговой пожарной сигнализации является актуальной и важной задачей в области обеспечения пожарной безопасности. Комбинация высокой точности обнаружения, интеграции с другими системами безопасности и экономических преимуществ делает эту систему неотъемлемой частью современной инфраструктуры, способствуя сокращению ущерба и спасению человеческих жизней.

Список литературы

1 Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2022 г. [Электронный ресурс] // Департамент надзорной деятельности и профилактической работы : [сайт]. – Москва, 2023. – Режим доступа: https://xn--d1afzn.xn--p1ai/files/306/analiz-dnpr-2022.pdf (дата обращения: 08.01.2024).

2 Демьянов, М. Актуальность и необходимость вывода сигнала о срабатывании пожарной сигнализации на объектах с массовым пребыванием людей на пульт связи пожарной части / М. Демьянов [Электронный ресурс] // Главное управление МЧС России по Республике Алтай – 2014. – 7 февр. – Режим доступа: https://04.mchs.gov.ru/deyatelnost/ press-centr/novosti/1549252 (дата обращения: 08.01.2024).

3 Лекция «Действия при пожаре» [Электронный ресурс] // Всероссийское добровольное пожарное общество: официальный сайт. – 2020. – Режим доступа: https://вдпо.рф/ptm/lecture/558 (дата обращения: 08.01.2024).

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В АВИАСТРОЕНИИ

Гаврилов А.А., Зиненков С.С.,
Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Цифровизация – неотъемлемая часть развития современного авиастроения. Использование цифровых технологий и инновационных подходов в проектировании, производстве и эксплуатации авиационных изделий открывает новые горизонты и перспективы для данной отрасли, рисунок 1.

Рисунок 1 - Применение инновационных технологий авиастроения в промышленности

Главным превосходством цифровизации в авиастроении является создание виртуальных моделей и компьютерных симуляций, которые позволяют проводить множество тестов и испытаний в виртуальной среде. Это помогает уменьшить время и стоимость разработки новых авиационных изделий. Кроме того, вследствие цифровых технологий, вероятно осуществление детализированного анализа и оптимизации проекта еще на ранних стадиях разработки, что способствует повышению качества и надежности авиационных систем.

Аэрокосмические компании сталкиваются с проблемами управления огромными объемами данных, которые они производят. Это данные о конструкции продукта, данные о производственном процессе, обновления данных о цепочке поставок, данные IoT о продуктах на местах, а также данные отзывов клиентов и клиентов. Все эти данные необходимо анализировать, управлять ими и предоставлять их всем отделам и всей организации.

Цифровизация помогает повысить эффективность, снизить затраты и повысить качество авиационных систем, следовательно открывает новые возможности для дальнейшего развития авиастроения и наращивания его потенциала.

В последнее десятилетие на предприятиях авиационной отрасли, таких как компании «Туполев» и «Ильюшин», корпорация «Иркут», Национальный центр вертолетостроения им. М. Л. Миля и Н. И. Камова (НЦВ «Миль и Камов») активно осуществляется использование модельно-ориентированного подхода в процессе разработки систем авиационной техники. Сотрудники системных отделов совместно применяли данный подход с уже существующими методологиями проектирования, что привело к получению ценных результатов и сделало важные выводы для будущего развития авиационной техники в общем.

«Применение модельно-ориентированного подхода позволяет выявлять нестыковки систем и агрегатов на ранних стадиях проектирования, помогает находить оптимальные конструкторские решения, что способствует уменьшению количества изменений, вносимых в конструкторскую документацию в ходе доведения конструкции до совершенства. Проведение “виртуальных испытаний” с использованием математических моделей дает возможность сократить количество стендовых, наземных и летных испытаний. Все это в совокупности значительно сокращает время и затраты на разработку авиационной техники, позволяет вывести новое изделие на потребительский рынок раньше, чем при “классическом” проектировании, без использования модельно-ориентированного подхода», – Юрий Логвин, заместитель директора КБ Инженерного центра по управлению проектными данными корпорации «Иркут», рисунок 2, [1].

Данный подход помогает повысить эффективность, снизить затраты и повысить качество авиационных систем. В процессе сертификации воздушного судна результаты моделирования могут послужить в качестве доказательства соблюдения авиационных правил.

Модельно-ориентированный подход является эффективным методом в разработке авиационной техники. Он основывается на создании моделей, которые описывают различные аспекты и особенности предметной области. Путем использования таких моделей можно более точно оценить и предсказать поведение и характеристики авиационных систем.

Рисунок 2 – Модельно-ориентированный подход при разработке авиационной техники

Одной из ключевых составляющих модельно-ориентированного подхода является использование специализированных языков моделирования, которые позволяют более точно и наглядно описывать систему. Такие языки позволяют создавать диаграммы, схемы и другие графические представления, которые визуализируют различные аспекты авиационной техники.

Модельно-ориентированный подход широко применяется в разработке авиационных систем автоматического управления. Использование моделей позволяет более точно определить параметры и ограничения системы, а также провести исследование и симуляцию ее работы перед физической реализацией.

Благодаря модельно-ориентированному подходу становится возможным улучшить качество авиационной техники, сократить временные затраты на разработку и снизить возможные риски, связанные с практической реализацией проекта. Такой подход способствует более эффективному взаимодействию и сотрудничеству различных специалистов, причем на разных этапах разработки, что дополнительно способствует улучшению качества разрабатываемой авиационной техники.

Как говорилось, обеспечение внедрения и активного использования передовых цифровых технологий при разработке, производстве и эксплуатации современной продукции авиационной индустрии является важнейшим приоритетом Государственной Программы «Стратегия развития авиационной промышленности до 2030 года» [2]. Данная программа определяет приоритетное развитие авиационно-космической отрасли, с учетом высоких темпов внедрения цифровых технологий на высокотехнологичных предприятиях.

Использование данных цифровых технологий в авиационном производстве предоставляет новые возможности для улучшения качества авиационной продукции.

Список литературы

1 Ориентация на модель: цифровые технологии в авиастроении – URL: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_project/oriyentatsiya-na-model/ (дата обращения: 18.01.2024). – Текст : электронный.

2 Распоряжение Правительства Российской Федерации от25 июня 2022 года № 1693-р. – URL: https://docs.cntd.ru/document/350899839. (дата обращения: 18.01.2024). – Текст : электронный.

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ РОБОКАРА

Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор, Гаврюшина Е.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современные машиностроительные предприятия внедряют автоматизацию на все большее количество производственных операций. Это обеспечивает высокое качество продукции, повышение производительности и экономию средств на заработную плату. В настоящее время многие предприятия изыскивают средства на реализацию проектов автоматизации из-за нехватки рабочих. И если операции механообработки, термообработки и другие операции, создающие потребительскую ценность, на многих предприятиях автоматизированы за счет применения оборудования с числовым программным управлением, промышленных роботов или автоматических печей, то операции по транспортировке заготовок обычно выполняются человеком [1]. В то же время существующая на сегодня элементная база достаточно просто позволяет реализовать автоматическую доставку заготовок.

Рассмотрим пример разработки программы для программируемого логического контроллера (ПЛК), которая выполняет управление робокаром доставки заготовок от склада к трем станкам.

Программа начинает свою работу в случае, если есть хотя бы один не работающий станок и присутствуют заготовки на складе (рисунок 1).

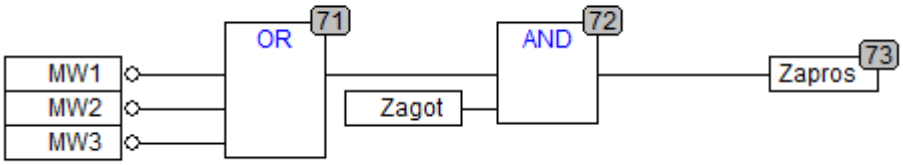


Рисунок 1 – Инициация запроса на доставку заготовок к станкам

Для запуска процесса загрузки заготовки на склад необходимо, чтобы разгруженный робокар находился около перегрузочной позиции, на которой присутствует заготовка, и не выполнялся процесс перегрузки заготовки с перегрузочной позиции на склад (рисунок 2).

После загрузки заготовки на робокар формируется команда движения вперед. Данная команда формируется в следующих случаях (рисунок 3):

- отсутствует запрос от станков на разгрузку и не выполняется выгрузка заготовки на склад, при загруженном робокаре, который находится около склада;

- есть запрос от станков на разгрузку, при свободном робокаре, который находится около склада или около первого или второго станка.

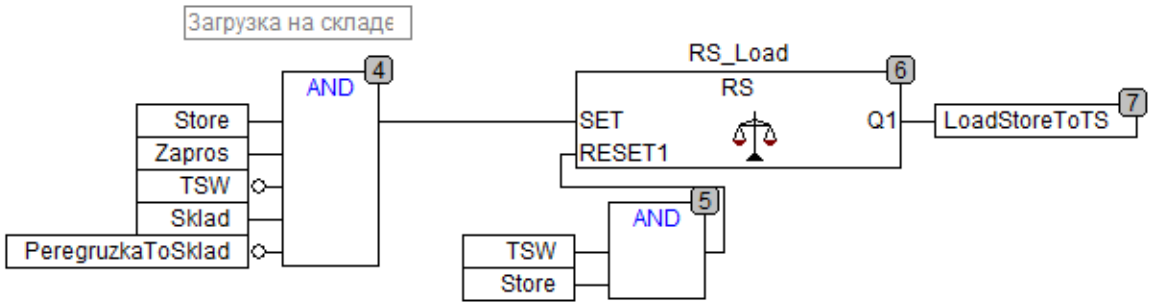


Рисунок 2 – Запуск процесса загрузки заготовки на робокар на складе

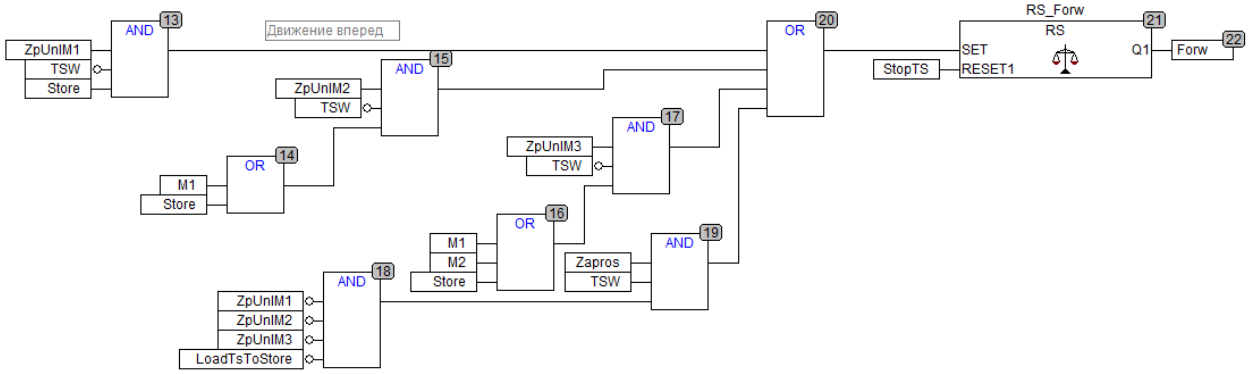


Рисунок 3 – Формирование команды движения робокара в прямом направлении

Команда остановки робокара останавливает движение как в прямом, так и в обратном направлении. Команда формируется при следующих условиях (рисунок 4):

- нахождение загруженного робокара около неработающего станка, на котором отсутствует запрос на выгрузку обработанной заготовки на склад;
- нахождение свободного робокара около станка, который ожидает выгрузку обработанной заготовки на склад;
- нахождение робокара около склада при движении в обратном направлении.

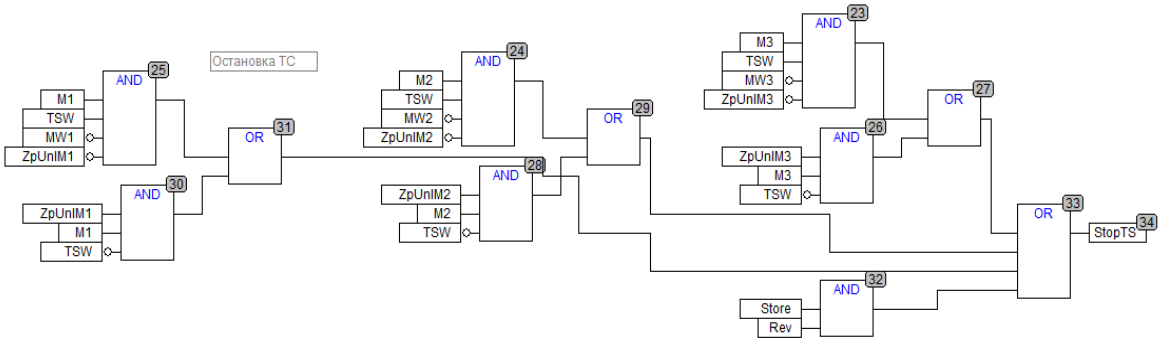


Рисунок 4 – Формирование команды остановки робокара

В случае, если робокар привез заготовку к свободному станку, запускается команда на выгрузку заготовки (рисунок 5). Эта команда действует до тех пор, пока не сработает датчик наличия заготовки в зоне резания станка.

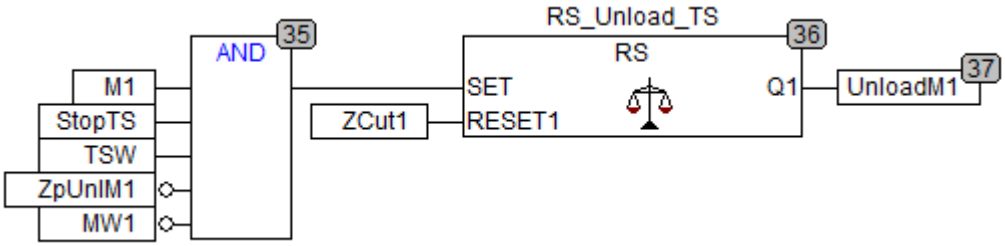


Рисунок 5 – Формирование команды выгрузки заготовки с робокара на станок

После загрузки заготовки в зону резания, формируется сигнал, свидетельствующий о том, что станок находится в режиме работы (рисунок 6). Данный сигнал сбрасывается по окончании обработки командой запроса на выгрузку обработанной заготовки на склад.

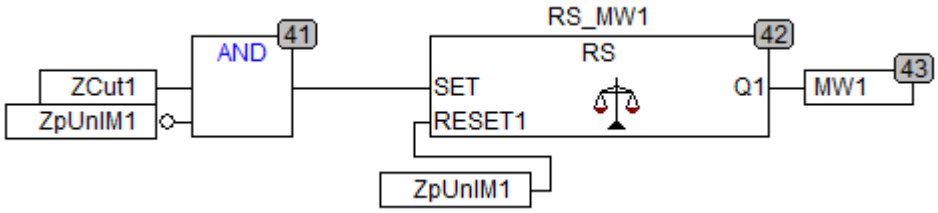


Рисунок 6 – Формирование сигнала о работе станка

Если около закончившего обработку станка находится не загруженный робокар, то формируется команда на перегрузку обработанной заготовки на робокар (рисунок 7).

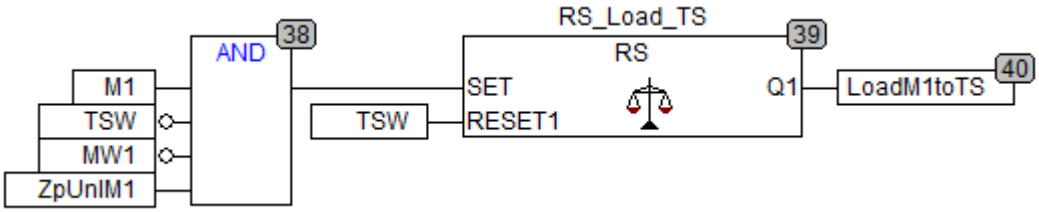


Рисунок 7 – Формирование сигнала о перегрузке обработанной заготовки на робокар

Команда движения в обратном направлении формируется в следующих случаях (рисунок 8):

- есть запрос на выгрузку заготовки от первого или второго станка, при не загруженном робокаре, который не движется в прямом направлении и не находится около склада;

- есть запрос на выгрузку заготовки на склад, при загруженном робокаре, находящемся у любого станка, при этом не выполняется движение вперед;

- движение свободного робокара за новой заготовкой, в случае, если есть запрос на ее доставку.

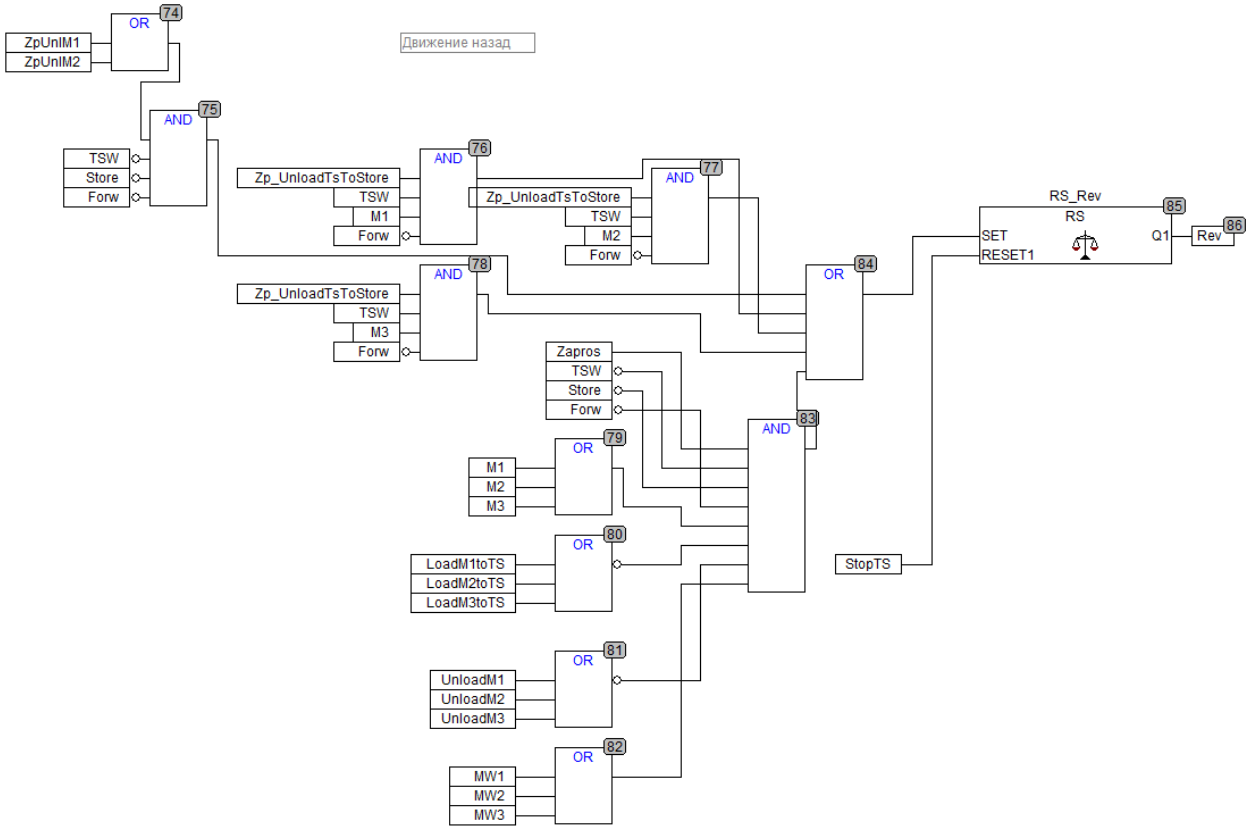


Рисунок 8 – Формирование команды движения робокара в обратном направлении

По окончании обработки станок формирует сигнал запроса на выгрузку заготовки, который сохраняется до начала выгрузки заготовки на склад (рисунок 9).

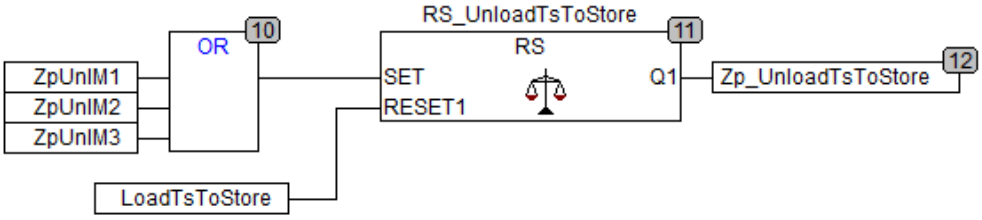


Рисунок 9 – Формирование запроса на выгрузку заготовки на склад

Выгрузка заготовки на склад выполняется при нахождении загруженного робокара около склада, свободной перегрузочной позиции и наличии описанного выше запроса на выгрузку. Завершается выгрузка при получении сигнала с перегрузочной позиции о наличии на ней заготовки (рисунок 10).

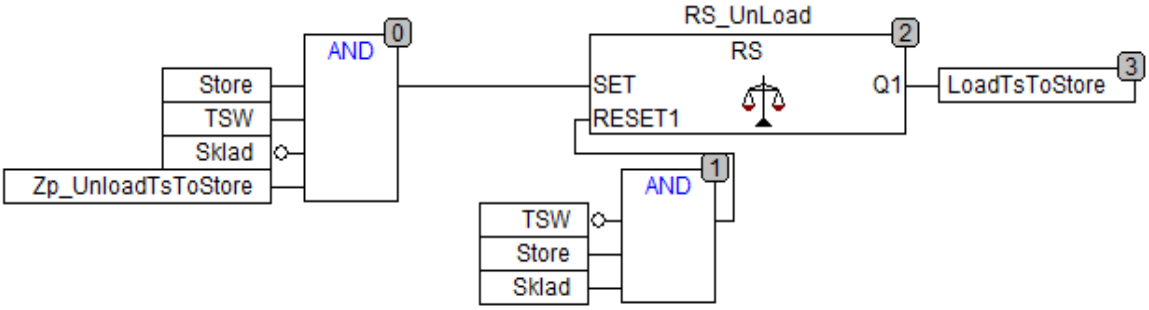


Рисунок 10 – Формирование команды выгрузки заготовки на склад

Для того, чтобы заблокировать состояние робокара формируется сигнал, свидетельствующий о процессе перегрузки обработанной заготовки с перегрузочной позиции на склад и выгрузки на нее новой заготовки. Состояние робокара блокируется до получения сигнала об окончании данного процесса (рисунок 11).

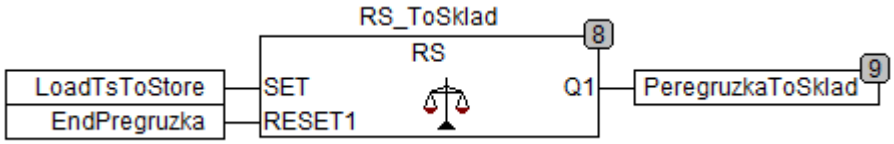


Рисунок 11 – Формирование сигала блокировки робокара

Разработанная программа для ПЛК учитывает все возможные состояния производственного участка, состоящего из трех станков. Количество станков может быть увеличено путем копирования блоков, описывающих работу станка, и добавления соответствующих переменных в логику, описывающую движение робокара.

Для сбора статистики работы участка можно запустить программу на реальном производстве или на опытном стенде. Для обоих вариантов необходимо наличие соответствующего оборудования. Другой вариант – разработка модели, которая будет формировать сигналы, соответствующие реальному производственному участку. Сформированные сигналы модель должна передавать в виртуальный или физический ПЛК и получать в ответ состояние системы. В этом случае появляется возможность виртуальной настройки логики управления производственным участком, которая затем переносится на реальную систему с минимальными изменениями.

Список литературы

1. Сергеев, А.И. Принятие управленческих решений с использованием цифрового двойника производственной системы / А.И. Сергеев, Е.В. Гаврюшина // Автоматизация в промышленности. – 2023. - №6. – С. 20-23.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Кабаева Л.В., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Понятие качества продукции регламентировано в Российской Федерации государственным стандартом ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения».

Согласно данному стандарту «Качество - это совокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением» [1].

Достижение требуемого уровня качества изделий на машиностроительных предприятиях предполагает проведение контроля на всех этапах производства. Большинство операций на предприятиях это механическая обработка деталей с целью поучения требуемой формы и размеров.

Операции обработки включают в себя станочные и слесарные работы. На специализированном оборудовании с помощью инструментов, изготавливают детали различной степени сложности. Контроль станочных и слесарных работ необходим для проверки выполнения операций и контроля качества продукции.

Для контроля качества деталей в процессе обработки необходимо располагать определенным набором элементов системы контроля качества:

1) показателями качества, к которым относятся технические параметры и стандарты; такие показатели непосредственно характеризуют качество деталей;

2) методами контроля качества;

3) средствами контроля качества;

3) специализированными техническими устройствами измерений и испытаний;

4) статистическими данными по отзывам потребителей;

5) статистическими причинами дефектов и брака.

Точность обработки деталей, а соответственно и качество реализуемой готовой продукции находится в прямой зависимости от большого числа факторов. Следовательно, существуют разнообразные формы и виды, а также методы контроля точности обработки. Наиболее распространенные разновидности представлены в виде структурной схемы на рисунке 1.

Также в производстве применяются весьма различные методы контроля деталей:

- простейший метод определения отсутствия дефектов - визуальный контроль;
- следующий способ - измерение размеров;
- сложный способ определения механических, физических или химических свойств - лабораторный анализ;

- наиболее точные способы определения – приборные, а именно, рентгенографический, электротермический, ультразвуковой, радиоизотопный или лазерный способы.

- специализированные, механические испытание на твердость и эластичность [2].

Рисунок 2 – Классификация видов контроля качества продукции

На предприятиях для повышения эффективности контроля деталей всегда применяют специальный документ - контрольная карта. Контрольная карта, это схема, несущая в себе информации в виде допустимых границ параметров качества и уже поученных результатов измерений, с указанием дат и сроков. Такая информация позволяет наглядно увидеть отклонения от технической документации и при необходимости, составить описание причины отбраковывания детали.

Контрольная карта детали или изделия применяется на всех этапах производства, при контроле качества продукции. Цель применения контрольных карт и системы контроля качества заключается в том, чтобы обнаружить, когда процесс производства отступает от требований и допускается обработка деталей с отклонениями от требований к точности.

На большинстве предприятий органом технического контроля является «отдел технического контроля» (ОТК).

На рисунке 2 приведена структурная схема, иллюстрирующая иерархию отдела технического контроля.

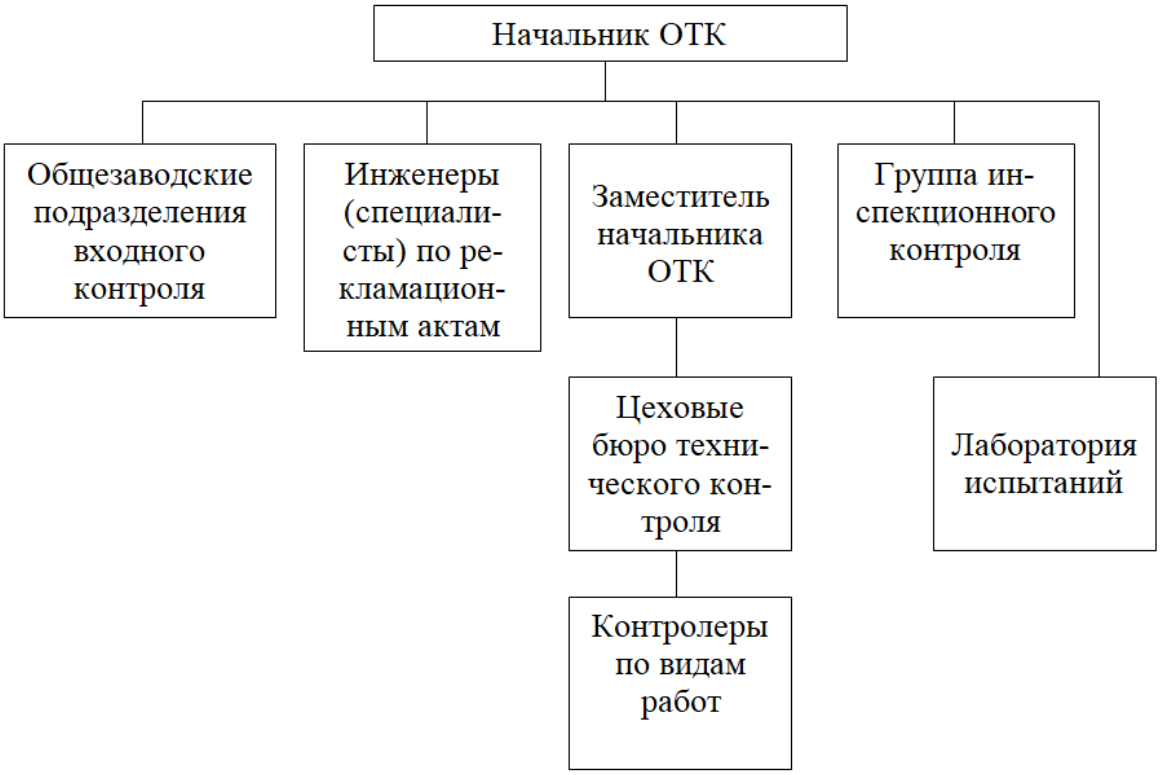


Рисунок 2 - Структура отдела технического контроля предприятия

Задачи деятельности отдела технического контроля на машиностроительном предприятии, это:

– анализ и организация планирования качества;
– контроль соответствия качества плановому уровню;
– инспекция качества.

Одним из видов деятельности отдела технического контроля является непосредственный контроль деталей на соответствие качества плановому уровню. Под контролем здесь понимается организация и проведение измерений и прочих действий, дающих результаты, удостоверяющие качество деталей. Такие действия чаще всего возлагаются на человека – контролера, в связи с чем неизбежно появление ошибок. Следовательно автоматизация данной области, а именно процессов проведения и информационного сопровождения контроля является актуальной темой для разработки.

Список литературы

1 ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1979–01–07. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 21 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Псянчина Р.Р., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизированные системы управления (АСУ), это часто двух- или трехуровневые системы. На этих уровнях реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой [1]. Возможный вариант структурной схемы АСУ представлен на рисунке 1.

Каждый уровень управления обладает определенными функциями. Так к функциям верхнего уровня управления относятся:

- функция «Оперативное планирование и регулирование режимов работы объекта» обеспечивает ведение оптимальных режимов работы технологического оборудования на основе распределения и поддержания заданной производительности по технологическим объектам на базе использования комплексного алгоритма. Полученные в ходе решения функции «Оперативное планирование и регулирование режимов работы объекта» значения используются в качестве уставок при реализации функции нижнего уровня «Регулирование параметров технологических процессов»;
- функция «Дистанционное управление технологическими объектами» обеспечивает возможность оперативного вмешательства персонала в автоматическое ведение системой управления технологическим процессом;
- функция «Представление оператору информации о состоянии объекта управления» обеспечивает отображение параметров, принимаемых с нижнего уровня системы (включая информацию от систем, интегрированных в СУ) на видеокадрах (мнемосхемах) со звуковой и световой сигнализацией об отклонении параметров за заданные границы и сигнализацией о неисправности исполнительных механизмов.
- функция «Защита от несанкционированного доступа» осуществляется автоматически путем разграничения уровней доступа к функциям АСУ ТП;
- функция «Диагностика программных и технических средств» выполняется автоматически;
- функция «Обмен информацией с нижним уровнем» обеспечивает межуровневый обмен данными в режиме реального времени без искажения информации;
- функция «Ведение технологической базы данных» выполняется автоматически и обеспечивает запись параметров, поступающих с нижнего уровня системы, и действий оператора в соответствующем журнале. При записи пара-

метров системы регистрируется достижение аварийных и технологических границ, предусмотрена запись аналоговых параметров в виде трендов;

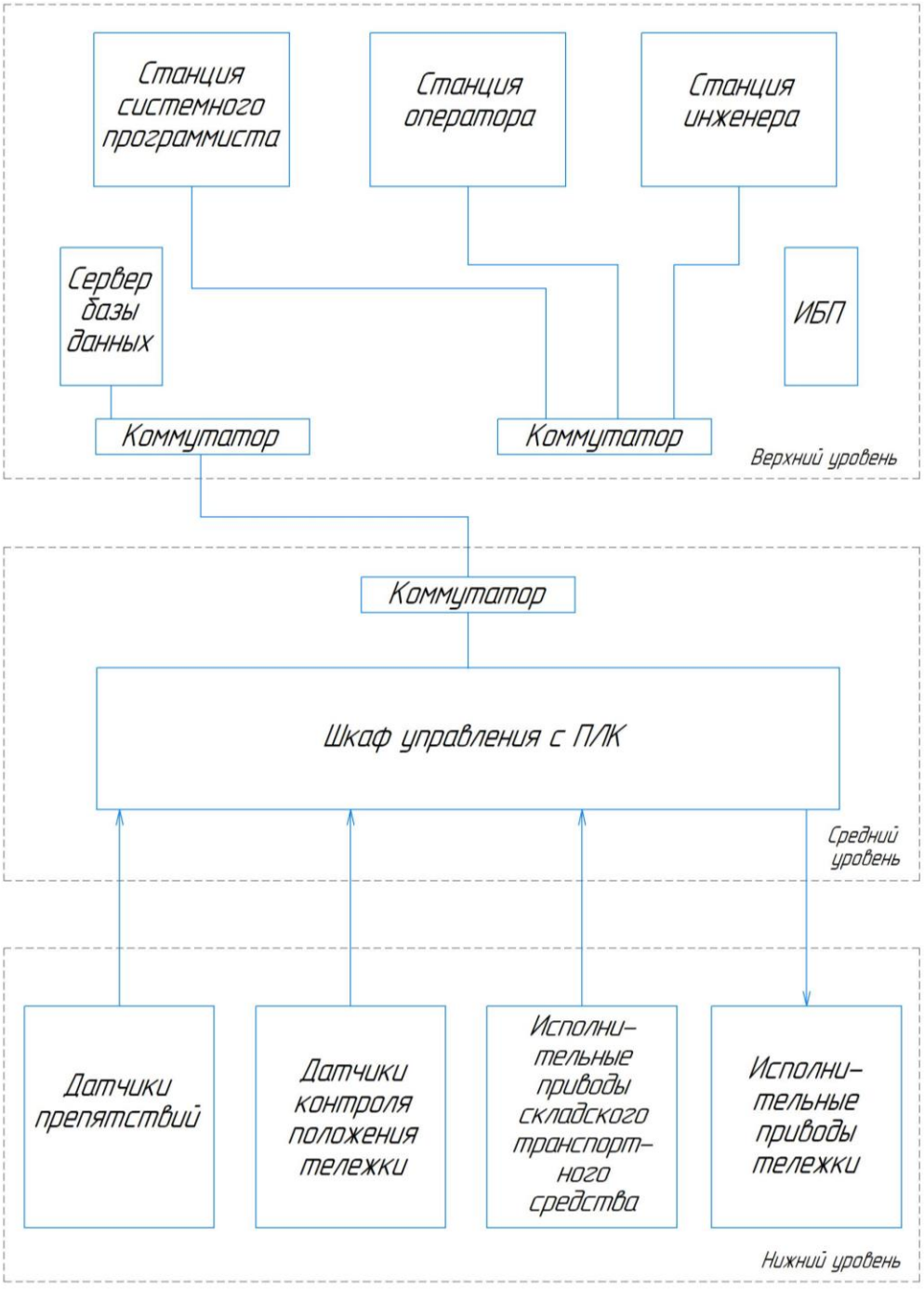


Рисунок 1 – Структурная схема АСУ ТП

- функция «Формирование отчетных документов» обеспечивает по команде оператора формирование и печать отчетных документов и протокола событий;

- функция «Обмен информацией с уровнем управления предприятием» в автоматическом режиме обеспечивает передачу параметров в систему управле-

ния предприятием, и в автоматизированном – выдачу информации на верхний уровень по запросу и прием запросов, уставок и заданий с уровня управления предприятием.

К функциям среднего уровня управления относятся:

- функция «Сбор и обработка информации» выполняется в автоматическом режиме и обеспечивает:

- циклический опрос входов модулей ввода/вывода системы;

- аналого-цифровое преобразование сигналов;

- первичную обработку сигналов для компенсации воздействия помех;

- определение достоверности информации по диапазонам измерения;

- циклическую проверку на достижение технологических и аварийных границ [2].

При обнаружении обрыва линии или короткого замыкания в измерительной цепи система использует значение, измеренное до броска тока;

- функция «Регулирование параметров технологических процессов» осуществляется автоматически на основе уставок, задаваемых на верхнем уровне, и текущей величины регулируемого параметра, определяемой после выполнения предыдущей функции. Реализация функции основана на стандартных законах регулирования с коэффициентами, задаваемыми при настройке системы. Регулирование параметров технологических процессов осуществляется по уставкам, задаваемым оперативным персоналом системы в рамках функции «Оперативное планирование работы объектов». При потере связи или получении недостоверной информации по значениям регулируемых параметров система фиксирует регуляторы в последнем положении;

- функция «Определение интегральных показателей функционирования объектов» осуществляется в автоматическом режиме.

- функция «Противоаварийная защита технологических объектов» в автоматическом режиме осуществляет:

- циклическую проверку на выполнение условий запуска функций ПАЗ;

- остановку технологического оборудования при выполнении условий срабатывания противоаварийных защит.

Нижний уровень управления чаще всего представляет собой технологические объекты и элементы системы управления в виде контрольно-измерительных приборов и исполнительных механизмов. Каждый из элементов нижнего уровня выполняет строго определенную функцию, связанную с физической природой измеряемой или управляемой величины.

Технические средства автоматизированной системы управления выбираются в соответствии с требуемыми функциями. Для предлагаемой системы автоматизированного управления (рисунок 1) технические средства должны быть представлены следующими элементами:

- управляющий процессор (программируемый логический контроллер);

- распределенная система ввода/вывода, реализуемая с помощью модулей ввода/вывода;

- средства передачи данных по оптоволоконным линиям связи Ethernet 100Base-Fx;

- инженерные рабочие станции с соответствующим программным обеспечением, выполняющие роль резервированных автоматизированных рабочих мест;

- станции оператора с соответствующим программным обеспечением, установленные в помещении операторской;

- инженерная станция с соответствующим программным обеспечением для администрирования и сопровождения программного обеспечения технических средств объекта управления, установленная в помещении системных программистов;

- сервер исторической базы данных, установленный в помещении серверной центральной операторской.

Контроллер совместно с модулями ввода/вывода реализует контроль, логическое, синхронизирующее и последовательное управление, регулирование и взаимодействие с уровнем управления цеха. Контроллер, выполняет функции центрального вычислительного устройства. Он должен отвечать требованиям промышленных стандартов, обладать высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным воздействиям.

Контроллер и модули ввода/вывода должны размещаться на панелях. Панели с контроллером, модулями ввода/вывода и терминальные панели устанавливаться в системных промышленных шкафу в аппаратных помещениях технологических объектов. Шкаф должен иметь резервированные источники питания для питания контроллер, модулей ввода/вывода, интерфейсных модулей, а также дополнительными резервированными источниками для питания полевых цепей.

Список литературы

1 Щагин, А. В. Основы автоматизации техпроцессов : учебное пособие / А. В. Щагин, В. И. Демкин, В. Ю. Кононов, А. Б. Кабанова. – М.: Высшее образование, 2009. – 163 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Шнайдер О.Н., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация большинства технологических процессов связана с проектированием систем автоматизированного управления и подбором требуемого технологического оборудования. Не является исключением и процесс производства строительных материалов с применением отходов деревообработки (арболита [1]). Данный процесс отличается от большинства процессов производства строительных материалов наличием специализированного оборудования, обеспечивающего получение требуемых фракций древесных отходов. Также неотъемлемым этапом производственного процесса является смешивание компонентов и формовка готовых изделий (блоков).

Для рассматриваемого процесса была предложена функциональная схема автоматизации, приведенная на рисунке 1. Разработка функциональной схемы автоматизации велась строго в соответствие с требованиями стандартов [2, 3].

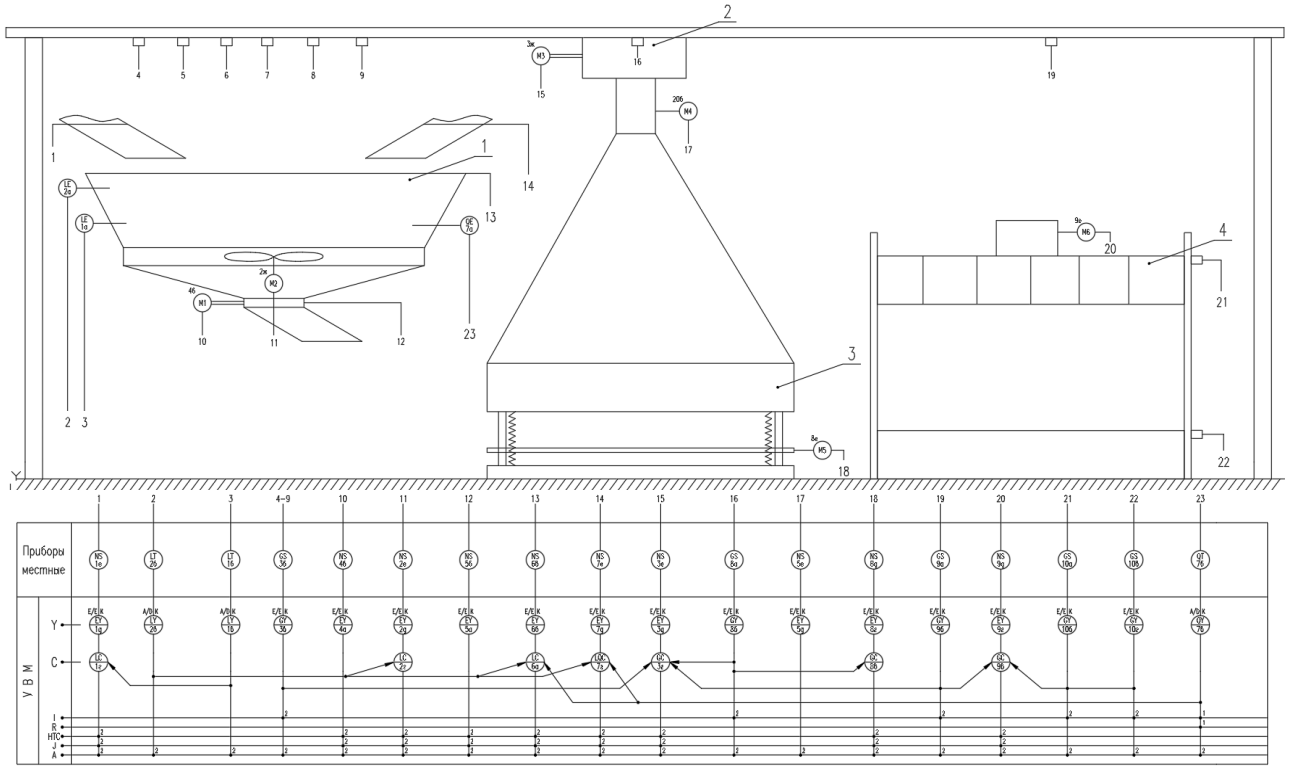


Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизации

В смесителе 1 производится смешивание бетонной смеси и подготовленной щепы для получения арболитовой смеси.

Подача щепы производится до достижения нижнего уровня. Для этого открывается заслонка в подающем трубопроводе сигналом от УВМ. При достижении требуемого уровня сигнал от первичного прибора 1а поступает на прибор по месту 1б, затем на преобразователь 1в и далее на регулятор 1г, после чего сигнал на закрытие заслонки подается на преобразователь 1д и на магнитный пускатель 1е.

Далее в смеситель подается бетонная смесь. При достижении верхнего уровня сигнал от первичного прибора 2а подается на прибор по месту 2б и после преобразователя 2в, на регуляторы 2г, 6а и 7г. Регулятор 2г подает сигнал на включение смесителя, регулятор 6а подает сигнал на фиксацию крышки смесителя, регулятор 7г подается сигнал на закрытие заслонки подачи бетонной смеси.

Производится смешивание компонентов. Контроль вязкости раствора производится первичным прибором 7а. При необходимости производится дополнительная подача бетонной смеси.

По завершению процесса смешивания подается сигнал на включении электропривода тали 2, для подачи формы 3. Далее производится перемещение формы в соответствии с конечными выключателями и разлив смеси с помощью поворотной воронки, приводимой в движение электродвигателем М1.

После завершения розлива арболитовой смеси, заполненная форма передается на виброустановку. Работа виброустановки обеспечивается электродвигателем М5. Включение электродвигателя осуществляется от УВМ подачей сигнала от регулятора 8в на преобразователь 8г, затем на магнитный пускатель 8д и далее на исполнительный механизм 8 е.

Следующим этапом является трамбовка смеси. Форма подается на стол, движение трамбовки осуществляется с помощью электродвигателя М6. Регулирование уровня опускания трамбовки 4 производится по сигналам от конечных выключателей.

Для производства и формовки изделий из арболита используется следующее оборудование: смеситель, для смешивания компонентов; конвейер для доставки щепы в зону смешивания; питатель для доставки бетонной смеси в зону смешивания; формы для разлива арболитовой смеси; установка розлива; вибрационная установка; трамбовка; портальный кран для перемещения форм.

Для формирования блоков правильной формы необходимо использовать специальные формы. Кроме того, необходимо учитывать требуемое количество блоков. В связи с этим была предложена конструкция формы, представленная на рисунке 2.

Формы представляют собой универсальную, разборную конструкцию, предназначенную для изготовления блоков размером 200х200х500 мм и 200х300х500 мм.

Такая универсальность достигается путем применения перенастраиваемого дна формы, которое крепится в зависимости от необходимой высоты блока. За счет универсальности формы уменьшается количество материала, необходимого для их изготовления.

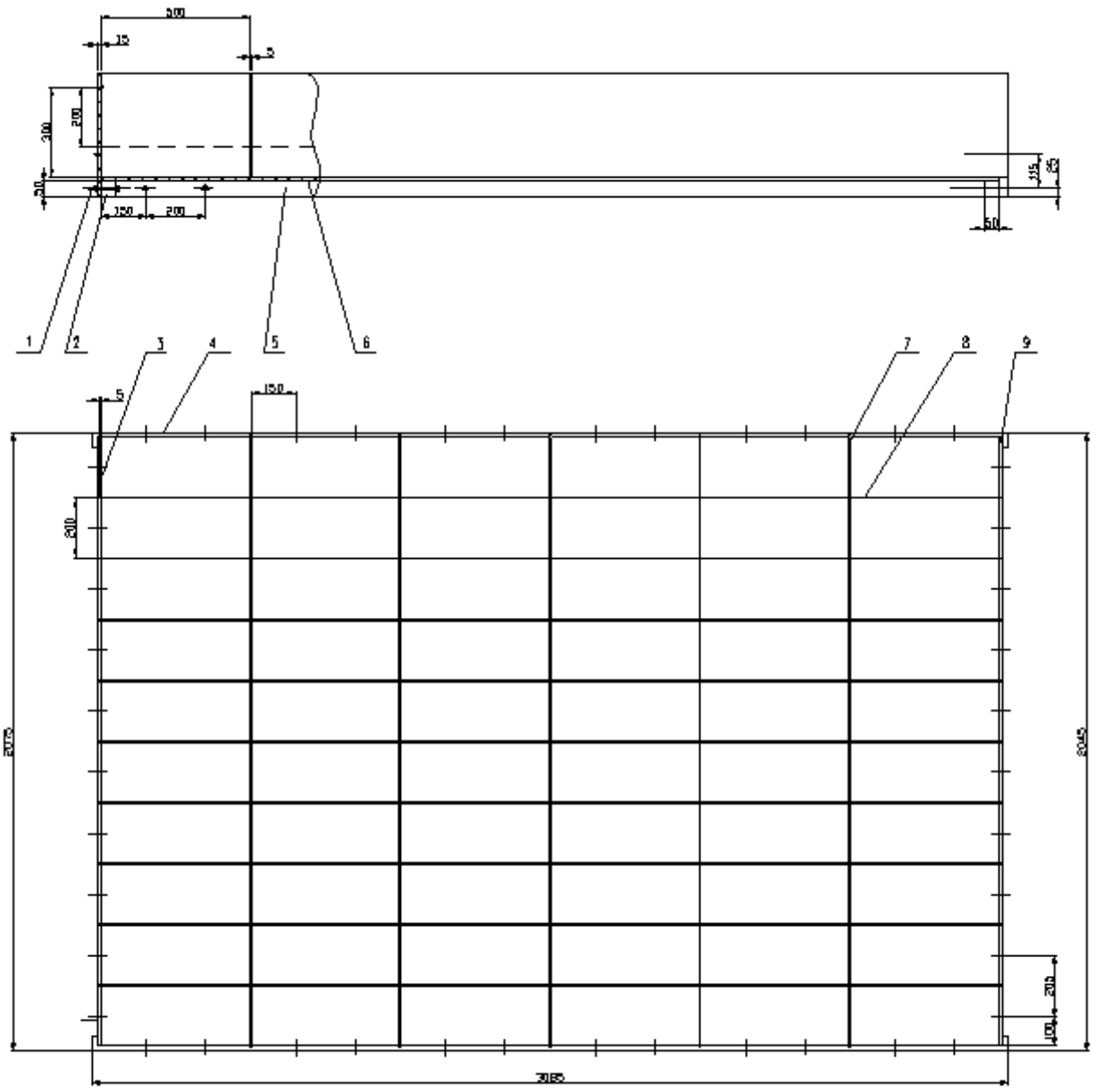


Рисунок 2 - Форма

За счет разборности формы достигается повышение качества блоков, поскольку облегчается извлечение блоков из формы, что снижает количество брака. Формы крепятся соединением болт – гайка.

При изготовлении блоков размером 200х300х500 мм, отверстия, предусмотренные в форме, закрываются резиновыми бобышками.

Форма состоит из четырех боковых стенок позиции 3 и 4, причем стенки позиции 4 изготавливаются изогнутыми с двух сторон, для обеспечения соединения со стенками позиции 3. Дно формы, позиция 6 укладывается на балки позиции 2 и 5, которые крепятся к боковым стенкам соединением болт – гайка.

Разделительные стенки позиции 7 и 8, вставляются в пазы боковых стенок. Боковые и разделительные стенки изготавливаются больше максимальной

высоты блока, что облегчает их извлечение. Соединение боковых стенок друг с другом, производится с помощью пазов.

Список литературы

1 ГОСТ 19222-2019. Межгосударственный стандарт. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – Введ. 2020–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 36 с.

2 ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Введ. 2015–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 27 с.

3 ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Введ. 2014–01–11. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 38 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ

Глотов Е.М.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация подачи фотополимерных смол играет важную роль в процессе 3D-печати и применяется в различных отраслях, таких как прототипирование, медицинская техника, авиационная и автомобильная промышленности. Она обеспечивает точное и равномерное нанесение смолы для создания предметов с высокой степенью детализации и сложной геометрией.

Технологии автоматизации подачи фотополимерных смол развиваются быстрыми темпами. Автоматические смолоподатчики оснащаются высокоточными дозирующими механизмами и системами контроля температуры, что способствует улучшению качества и скорости производства.

Одним из важных аспектов автоматизации подачи фотополимерных смол является эффективная фильтрация и очистка смолы перед подачей в принтер. Это позволяет предотвратить засорение систем подачи и обеспечить бесперебойную работу оборудования.

Кроме того, современные системы автоматизации смогут включать функции мониторинга и контроля процесса подачи, что позволяет операторам наблюдать за процессом и реагировать на любые отклонения в реальном времени.

Инновации в области автоматизации подачи фотополимерных смол продолжают улучшать процессы производства и возможности для создания сложных геометрических форм. Это содействует эффективной работе в различных отраслях и способствует развитию технологий 3D-печати.

Кроме того, в контексте разработки автоматизированных систем по подаче фотополимерных смол в рамках производства существует множество различных подходов, которые подбираются в зависимости от уникальных потребностей и специфики конкретного производства. Некоторые системы включают в себя комплексные решения, такие как устройства для перемешивания смолы с целью обеспечения однородной консистенции перед подачей, в то время как другие могут варьироваться от устройств для автоматической замены смолы до систем очистки.

Особое внимание уделяется также разработке новых материалов для фотополимерных смол, что в свою очередь требует разработки и применения передовых методов и технологий в области подачи смолы. Это включает в себя усовершенствованные системы, способные обрабатывать различные типы сырья и обеспечивать соответствующие параметры процесса печати [1].

Автоматизация подачи фотополимерных смол представляет собой критически важный аспект в контексте развития технологии 3D-печати, имеющий значительное влияние на производительность, качество печати и разнообразие

возможных областей применения. С непрерывным усовершенствованием новых технологий и процессов, этот аспект остается на передовом крае исследований и разработок в индустрии 3D-печати.

Дополнительно, автоматизация подачи фотополимерных смол также включает интеграцию с другими автоматизированными системами, такими как сканирование, программное обеспечение для управления процессом печати и системами мониторинга. Это обеспечивает возможность достижения синергии между различными компонентами производственной линии и обеспечивает более эффективное управление процессами 3D-печати.

Сейчас большое внимание уделяется разработке и применению передовых сенсоров и датчиков, которые предназначены для мониторинга различных параметров подачи фотополимерных смол, таких как давление, температура и расход. Эти сенсоры имеют ключевое значение в автоматизации процесса печати, поскольку позволяют непрерывно отслеживать и контролировать условия в процессе подачи смолы. Такая непрерывная мониторинг позволяет системе принимать мгновенные корректирующие меры при необходимости, обеспечивая стабильность и точность процесса печати. Это также способствует повышению качества создаваемых изделий и минимизации возможных дефектов. С развитием технологий датчиков и сенсоров, автоматизация подачи смолы становится более точной и надежной, что в конечном итоге улучшает эффективность и производительность 3D-печати [2].

Развитие технического прогресса также ведет к усовершенствованию систем управления подачей фотополимерных смол, где применение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта играет ключевую роль в оптимизации производственных процессов и предотвращении возможных проблем. Цифровые технологии позволяют системам управления адаптировать и оптимизировать параметры подачи смолы в режиме реального времени, основываясь на собранных данных, что в конечном итоге способствует повышению эффективности и качества производства.

Использование алгоритмов машинного обучения и методов искусственного интеллекта в системах управления подачей смолы позволяет более эффективно предсказывать возможные аномалии и автоматически корректировать параметры процесса, улучшая стабильность и точность производства. Кроме того, автоматическая адаптация систем подачи смолы на основе обучения с учителем и прогнозирования на основе накопленных данных способствует оптимизации процессов печати и предотвращению возможных сбоев. Это также позволяет оперативно реагировать на изменяющиеся условия производства и обеспечивать более эффективное использование ресурсов.

В целом, автоматизация подачи фотополимерных смол играет существенную роль в эффективности и качестве процесса 3D-печати, и ее постоянное развитие открывает новые возможности для инноваций в различных отраслях, способствуя развитию устойчивых и передовых технологий производства.

Сборка устройства для подачи фотополимерной смолы обычно требует специализированных навыков и знаний в области инженерии и автоматизации

производства. В процессе сборки учитываются различные технические и функциональные характеристики, включая:

1) точность дозирования — гарантирование точного распределения смолы в процессе подачи для обеспечения высокого качества печатаемых изделий.

2) уровень автоматизации — возможность автоматической работы устройства, включая системы для автоматической замены смолы, очистки и обработки данных для минимизации вмешательства человека.

3) надежность и производительность — обеспечение стабильной работы устройства и высокой скорости производства для оптимизации времени и ресурсов.

4) совместимость с различными типами смол — устройство должно быть способным обрабатывать различные формулы фотополимерных смол, обеспечивая соответствие спецификациям процесса печати.

5) системы контроля и мониторинга — использование сенсоров, датчиков и систем контроля для обеспечения постоянного мониторинга параметров, таких как температура, давление и расход смолы, для обеспечения стабильности и точности процесса.

6) безопасность и соблюдение стандартов — учитывается вопрос безопасности операций, обработки и складирования смол, а также соблюдение стандартов промышленной безопасности и регуляторных требований [3].

Учет этих технических и функциональных характеристик необходим для разработки и сборки устройства для подачи фотополимерной смолы, чтобы обеспечить его оптимальную производительность, качество и безопасность.

Список литературы

1. Зеленин, В.Н. Аддитивные технологии/ В.Н. Зеленин, И.В. Хомутов; под ред. Ю. М. Соломенцева. - М. : Высш. шк., 20013. – 367 с.

2. Михайлов, А.Г. Обзор технологий 3D—печати/ А.Г. Михайлов; Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический унт им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород: НГТУ, 2016. - 202 с.

3. Дубинский, В.С. Система управления технологическим процессом подачи смол. - 2-е изд., стер. / В.С, Дубинский, И.П, Дубинский. – М.: Высшая школа, 2022. - 256 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Головин А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Процесс восстановления основных фондов заключается в организации и проведении работ по диагностическому обследованию, техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту (далее – ДТОиР) объектов газодобывающих предприятий.

Условно процесс можно разделить на пять этапов: планирование работ, ведение договорной работы, организация и выполнение работ, строительный контроль, приемка выполненных работ.

Учитывая масштаб предприятий, основным направлением деятельности которых является добыча, подготовка, транспортировка углеводородного сырья и ряда видов товарной продукции партнеров, а также требования, предъявляемые к качеству, безопасности, скорости производства работ, организация процесса восстановления основных фондов на текущий момент не представляется возможной без применения средств автоматизации.

Этапы планирования работ, ведения договорной работы, строительного контроля и приемки выполненных работ автоматизированы с использованием готовых продуктов на рынке программного обеспечения, а также продуктов собственной разработки.

Так, автоматизация процесса планирования работ осуществляется с применением, как правило, программного обеспечения на базе «1С» или «SAP», функционал которых позволяет участникам процесса работать в едином информационном поле, реализовывать отчетность, определять роли и осуществлять проверки вводимой информации.

Процесс ведения договорной работы автоматизируется, как правило, путем его интеграции в систему электронного документооборота, функционал которой позволяет реализовать процесс согласования, подписания и отправку контрагенту договора. Наиболее распространенные и применяемые системы электронного документооборота – «1С: Документооборот 8», «Directum RX», «Е1 Евфрат».

Этап строительного контроля в ПАО «Газпром» автоматизирован путем использования ресурса «АРМ – контроль качества ремонтных работ». Он реализован как многопользовательское приложение, выполненное по технологии клиент-сервер, и ориентирован на функционирование в рамках единого информационного пространства ПАО «Газпром» [1]. Использование данного ресурса позволяет всем участникам бизнес-процесса отслеживать и контролировать ход

работ, вносить замечания и комментарии. Это особенно актуально, учитывая расстояния, на которые удалены структурные подразделения предприятия.

Автоматизация приемки выполненных работ в ПАО «Газпром» реализована с использованием системы юридически значимого электронного документооборота «Контур. Диадок», позволяющей осуществлять процесс заключения договоров и оформления первичной учетной документации в электронном виде.

На этапе организации и выполнения работ в разной степени могут применяться вышеназванные программные комплексы с целью оформления документации, обмена информацией и т.д.

Основным звеном создания эффективной системы управления процессом организации работ по ДТОиР является автоматизированная система управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования (далее – АСУ ТОиР).

Основной целью АСУ ТОиР является повышение эффективности, надежности и работоспособности объектов эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла. АСУ ТОиР, прежде всего, предназначена для оптимизации деятельности в области планирования и управления ТОиР, централизованного ведения информации об объектах основных фондов, предоставления полной и достоверной информации о техническом состоянии оборудования и проведенных ремонтах [2].

Информация о ходе подготовки и выполнения работ по ДТОиР вносится в АСУ ТОиР посредством интеграционного взаимодействия информационно-управляющих систем участников бизнес-процесса или путем заполнения соответствующих форм сбора мониторинга [3].

Функционал АСУ ТОиР позволяет вносить и использовать информацию о плановых и фактических сроках производства работ, статусе поставки МТР, финансовом выполнении, исполнителе работ и наличию договора с ним и т.д. в разрезе каждого объекта ДТОиР.

Вносимая информация способна выгружаться из АСУ ТОиР по форме предустановленных отчетов.

В ПАО «Газпром» доступ к АСУ ТОиР имеют профильные Департаменты ПАО «Газпром», дочерние эксплуатирующие общества и агент – филиал ООО «Газпром инвест» «Газпром ремонт», при этом дочерние общества и агент обеспечивают внесение информации в АСУ ТОиР в зоне своей ответственности, а Департаменты ПАО «Газпром» осуществляют анализ вносимой информации, на основании чего могут приниматься управленческие решения. Кроме этого, Департаменты ПАО «Газпром» задают вектор развития системы и осуществляют техническое сопровождение АСУ ТОиР.

При этом, генподрядные и субподрядные организации не имеют доступ к АСУ ТОиР. Стоит также отметить, что большие массивы данных (десятки критериев по тысячам объектов) затрудняют анализ готовности исполнителей и хода работ в разрезе каждого объекта, что делает проблематичным своевременное выявление проблемных позиций и внесение по ним корректирующих действий.

В ПАО «Газпром» действует Стратегия цифровой трансформации на 2022-2026 годы (далее – Стратегия), которая направлена на дальнейшее повышение гибкости управления бизнесом, создание новых направлений для его развития, а также рост эффективности и безопасности производства. В основе целевой архитектуры стратегии – создание Единой модели данных компаний Группы «Газпром», которая будет интегрирована с Национальной системой управления данными.

В рамках реализации Стратегии обсуждаются вопросы разработки и применения инновационных технологий и методов при проведении ДТОиР на производственных объектах «Газпрома».

Отмечено, что ключевым элементом цифровой трансформации бизнес-процесса ДТОиР является разрабатываемая единая цифровая платформа. Предполагается, что платформа будет аккумулировать большой объем данных о техническом состоянии производственных объектов Единой системы газоснабжения России на протяжении всего их жизненного цикла. Оценка рисков и ранжирование потребности в ремонте с помощью современных цифровых инструментов и информационных моделей позволит выбирать наиболее оптимальные стратегии проведения технического обслуживания и ремонта оборудования. При этом, также предусматривается автоматизированное планирование, мониторинг исполнения и управление системой контроля качества работ. Таким образом, цифровая платформа позволит, в том числе, снизить стоимость эксплуатации оборудования при обеспечении высокого уровня его надежности.

В рамках реализации данной стратегии можно предположить, что перспективы развития средств автоматизации при восстановлении основных фондов связаны с использованием методов имитационного моделирования на основании данных из АСУ ТОиР.

Ведь, как правило, параметров, влияющих на процесс ДТОиР множество, и они могут взаимодействовать между собой при реализации бизнес-процесса. Поэтому для решения подобных задач, которые не могут быть решены аналитическими методами, применимы методы имитационного моделирования.

Список литературы

1. АРМ – Контроль качества ремонтных работ. Руководство пользователя для работы с ИСТС «Инфотех» [Текст]. – Введ. 2017–07–27. – М.: ОАО «Оргэнергогаз», 2017. – 63 с.

2. Белоконь, А.М., Горошков, В.Ю. Информационные технологии в решении задачи повышения эффективности управления техническим обслуживанием и ремонтами [Текст] / Белоконь, А.М., Горошков, В.Ю. // Труды международной научно-практической конференции «Передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на российских предприятиях». – Москва, 2011. – С. 532–543.

3. Регламент мониторинга хода организации и выполнения работ, формирования отчетности по диагностическому обследованию, техническому обслуживанию и ремонту объектов ПАО «Газпром» в АСУ ТОиР [Текст]. – Введ. 2022–11–21. – Санкт-Петербург: ПАО «Газпром», 2022. – 19 с.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОЛЕТНОМУ КОНТРОЛЛЕРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА

Горбатенко Е.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современном мире все больше процессов автоматизируются, не исключением и становится перемещение грузов. При помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возможно перевозить груз на дальние и труднодоступные места благодаря перемещению по воздуху, минуя наземные преграды. Человек при данном способе перемещения грузов будет являться оператором, который может задавать и корректировать полетный маршрут для БПЛА.

Основой любого БПЛА является его полетный контроллер, при помощи которого осуществляется управление и стабилизация в пространстве, а также автономное перемещение на дальние расстояния.

Большинство современных и производительных полетных контроллеров строятся на основе 32-битных микроконтроллеров производства STMicroelectronics, относящихся к архитектуре ARM Cortex-M.

Для точного перемещения летательного аппарата используются различные датчики и приборы, например такие как:

– барометр, измеряющий атмосферное давление, используемое для вычисления высоты;

– гироскоп, измеряющий угловую скорость, используемый для стабилизации во время вращения;

– трубка Пито, измеряющая набегающий воздушный поток, благодаря чему рассчитывается воздушная скорость;

– GPS-модуль, позволяющий определить географические координаты БПЛА и использовать их для навигации и управления;

– температурный датчик, используемый для замера температуры летального аппарата;

– вольтметр, измеряющий актуальное напряжение на батарее;

– амперметр, измеряющий актуальное потребление электричества летательным аппаратом;

– акселерометр, измеряющий ускорение, используемое для определения положения и измерения скорости;

– магнитометр, используемый для определения положения летательного аппарата по отношению к магнитному северу;

– лидары, измеряющие расстояние до объекта.

Датчики, используемые в БПЛА, формируют мощный интеллектуальный комплекс, позволяющий летательным аппаратам оперативно взаимодействовать с окружающей средой. Уникальная комбинация обеспечивает дронам высокую

точность в навигации, устойчивость в воздухе и способность эффективно взаимодействовать с изменяющимися условиями окружающей среды. Способность обнаруживать препятствия, измерять высоту, анализировать тепловое излучение и проводить визуальное зондирование делает их незаменимыми инструментами для множества задач, включая исследования, безопасность, спасение и коммерческие применения. Все это вместе делает дроны эффективными и универсальными средствами, способными адаптироваться к разнообразным сценариям использования.

Примером современного универсального полетного контроллера, который имеет вышеперечисленные датчики, либо же способен без особых сложностей добавить внешние, является Pixhawk 2.4.8, пример внешнего вида данного полетного контроллера показан ниже на рисунке 1.

Рисунок 1 – Внешний вид полетного контроллера Pixhawk

Приведенный выше полетный контроллер выделяется своей простотой и универсальностью, на основе данного контроллера возможно построить следующие беспилотные аппараты:

– самолет;
– вертолет;
– ровер;
– различные вариации летальных аппаратов коптерного плана;
– водяной кораблик.

Следует выделить еще одно важное преимущество данного варианта полётного, это простота подключения периферии, благодаря чему сборка БПЛА становится намного проще.

Данный полетный контроллер имеет следующие интерфейсы подключения различной периферии:

– порты MAIN OUT и AUX OUT, используемые для подключения моторов и сервоприводов;

– порт i2c;

– порт spi;

– порты UART;

– порты для подключения сигнала от радиопередатчиков и других устройств дистанционного управления;

– CAN порт;

– USB разъем;

– порт для подключения GPS-модуля.

Благодаря всем перечисленным особенностям полетного контроллера Pixhawk 2.4.8, можно сделать вывод, что это отличное решение для универсального и простого летательного аппарата, способного выполнять задачи в различных условиях. Гибкость и масштабируемость БПЛА делают их адаптивными к разным потребностям, возможность подготовить и настроить летальный аппарат под различные задачи.

Доставка грузов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) представляет собой перспективную идею, поддерживаемую рядом факторов. Экономия времени и ресурсов становится возможной благодаря уменьшению времени на доставку и использование воздушных путей.

Эксплуатационные расходы также могут быть ниже по сравнению с традиционными транспортными средствами, особенно при перевозке небольших грузов.

Безопасность также играет важную роль, с усилением технологий автономного управления и систем предотвращения столкновений. В этот подход внедряются инновации, оптимизируя цепочки поставок, создавая новые методы доставки.

Список литературы

1 Квадрокоптер [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ARDUPILOT/products/1250 – (дата обращения: 09.01.2024).

2 Зеленин, В.Н. Беспилотные летательные аппараты: основы теории и практики / В.Н. Зеленин, И.В. Хомутов; под ред. Ю. М. Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2013. – 367 с.

3 Михайлов, А.Г. Беспилотные летальные аппараты/ А.Г. Михайлов; Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический унт им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород: НГТУ, 2016. - 202 с.

4 Иванов, А.В. Беспилотные летальные аппараты: возможности и вызовы для России. - 2-е изд., стер. / А.А, Иванов, Д.А, Борисов. – М.: Высшая школа, 2022. - 256 с.

МОДИФИКАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ РАДИОПРОЗРАЧНЫХ ОБТЕКАТЕЛЕЙ

Бурдук Д.Е., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время, в связи с нарастающим потенциалом увеличения скоростей летательных аппаратов, проявляется крайне высокая необходимость в обеспечении повышенной степени теплозащиты, термической прочности и стабильности при полёте в различных условиях эксплуатации, а также, что не менее важно, в сохранении радиотехнических характеристик их носовых обтекателей.

Так как керамическая структура сама по себе довольно хрупкая в контексте использования её в качестве радиопрозрачного головного обтекателя летательных аппаратов, в научном поле в настоящее время проводятся исследования, направленные на модификацию пород керамики путем добавления в её структуру пропиточного слоя на основе органических и неорганических соединений.

Важным аспектом при итоговой разработке модификаций является возможность изготовления и обработки керамических радиопрозрачных обтекателей без значимых изменений в технологических процессах подготовки и производства конечной детали.

Для повышения температуры эксплуатации керамического радиопрозрачного обтекателя наиболее часто используют композиции на основе продукта метилфенилспиросилоксана (продукт МФСС-8, ТУ 6-02-1352-87), имеющий структуру, представленную на рисунке 1. При термической обработке продукт полимеризуется с образованием термостойкой радиопрозрачной влагонепроницаемой полимерной пленки.

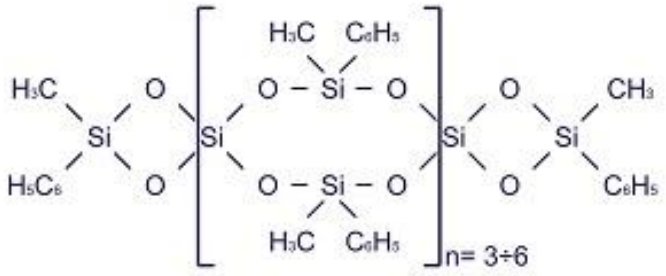


Рисунок 1 – Структура продукта МФСС-8

Предлагаемую композицию возможно наносить путём пропитывания составом продукта обтекателя после этапа обработки его первоначальной, обра-

ботанной поверхности, что, в конечном итоге, позволяет избежать перестроения технологических процессов при изготовлении детали.

Известно, что полёт ракеты в автономном режиме предполагает разнообразное температурное воздействие, в следствии чего радиопрозрачный носовой обтекатель может многократно нагреваться до 300°С и кратковременно – до 900-1200°С. В данном контексте продукт МФСС-8 обладает повышенной термостойкостью и стабильностью – начало деструкции полимерной пленки начинается свыше 400°С, а остаточная масса пленки сохраняет в себе около 80% исходной массы, нанесённой на обтекатель.

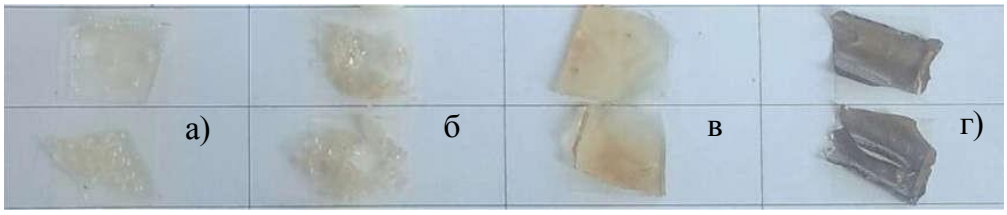
При научном исследовании термостойкости полимера на основе продукта МФСС-8 была оценена его термостойкость путем составления дериватограмм на дериватографе ОД-102. Полученные показатели, представленные в таблице 1, фиксировались при скорости нагрева 7,2 градуса в минуту и подаче газа 100 кубических сантиметров в минуту. Были определены температуры, при которых полимеры в среде азота и воздуха теряли 10, 50% (Т10, Т50) массы, а также температура с максимальной скоростью потери массы (Тм).

Таблица 1 – Значения Т10, Т50, Тм для полимера, полученного на основе продукта МФСС-8.

Окружающая среда	Температура, °С		
	Т10	Т50	Тм
Воздух	450	600	700
Азот	450	610	710

Исходя из результатов таблицы 1 становится понятно, что полной термодеструкции полимерной пленки в ходе предполагаемого полета ракеты не происходит. Эти показания также означают важность нанесения продукта на радиопрозрачные обтекатели.

Нанесение композиции на керамику предполагает, как было описано ранее, его термическую обработку для схватывания плёнки с поверхностью. Для осуществления описанной процедуры было проведено опытное исследование отверждения полимера, рисунок 2, в различных емкостях: ячейки из алюминиевой фольги, медные ячейки, керамические тигли и ячейки из фторопластовой пленки.



а) – ячейка из фторопластовой стеклоткани; б) – корундовый тигель; в) – ячейка из алюминиевой фольги; г) – ячейка из меди

Рисунок 2 – Образцы продукта МФСС-8 после термической обработки в разных подложках

При отверждении продукта МФСС-8 было установлено, что образцы керамики, отвержденные в медных ячейках и алюминиевой фольге потемнели, что означает взаимодействие нанесенного продукта с подложкой. Продукт, отвержденный в керамических тиглях и во фторопластовой пленке, не поменял своего цвета, однако, извлечение отвердевшего продукта МФСС-8 из керамического тигля не удалось, что подтверждает его высокую адгезию к керамическим изделиям. Опытные образцы, отвержденные в ячейках из фторопластовой стеклоткани, были извлечены с легкостью и не поменяли своего цвета.

Исходя из описанных свойств продукта МФСС-8 стоит отметить высокую значимость модификации керамических радиопрозрачных обтекателей термостойкими полимерами, так как конечное изделие будет эффективнее при его эксплуатации в воздухе.

Список литературы

1 Русин, М.Ю. Проектирование головных обтекателей ракет из керамических и композитных материалов: Учебное пособие/ М.Ю. Русин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 64 с.

2 Ромашин, А.Г. Радиопрозрачные обтекатели летательных аппаратов: Учебн.пособие/ А.Г. Ромашин, В.Е. Гайдачук, Я.С. Карпов, М.Ю. Русин.– Х.: Нац.аэрокосм.ун-т «ХАИ» - 2003 – 238 с.

3 Крылов, В.П. Моделирование структуры материала для описания частотной зависимости диэлектрической проницаемости кварцевого стекла Радиотехника/ В.П. Крылов // Радиотехника - 2021. -№ 8. - С.148-154.

4 Суздальцев, Е.И. Материалы антенных обтекателей / Е.И. Суздальцев // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2006. - №3. - С.18-29.

5 Ромашин, А.Г. Конструкционные керамические и волокнистые материалы на основе кварцевого стекла/ А.Г. Ромашин, М.Ю. Русин, Ф.Я. Бородай // Новые огнеупоры. – 2004. - №10. - С.12-18.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КУЛАЧКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ

Григорьев Д. С., Свиденко Е. В., канд. техн. наук,
Исаева Г.С., Семенова О. И.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Распределительный вал – одна из основных деталей газораспределительного механизма, которая служит для синхронизации впуска или выпуска, тактов работы двигателя. Составляющей частью вала являются его кулачки, их количество приравнивается к количеству клапанов двигателя.

Изготавливают из углеродистых и легированных сталей марок: - 45, - 45Г2, - 40Г, - 40Х, 40ХН.

Во время работы на распределительный вал действуют нагрузки, вибрация, сила трения, в следствии чего появляются дефекты, такие как износ кулачков и опорных шеек.

Для исправления кулачков применяются разные типы порошковых материалов для наплавки, которые делают их крепкими даже при экстремальных условиях работы. У большинства кулачков необходимо наплавлять лишь верхнюю область, но с учетом сильного износа кулачок целиком покрывается наплавкой, а затем шлифуется под стандартный размер.

Рисунок 1 – Распределительный вал

Работа кулачковых систем отличается, прежде всего, сильным динамическим воздействием на поверхности трения, поэтому важное условие для длительной работы кулачкового узла – высокая твердость металла.

В качестве оборудования для наплавки кулачков можно использовать станок УД-139. Вал устанавливают в станину, на котором вмонтирован вращатель. Вал закрепляется в центрах.

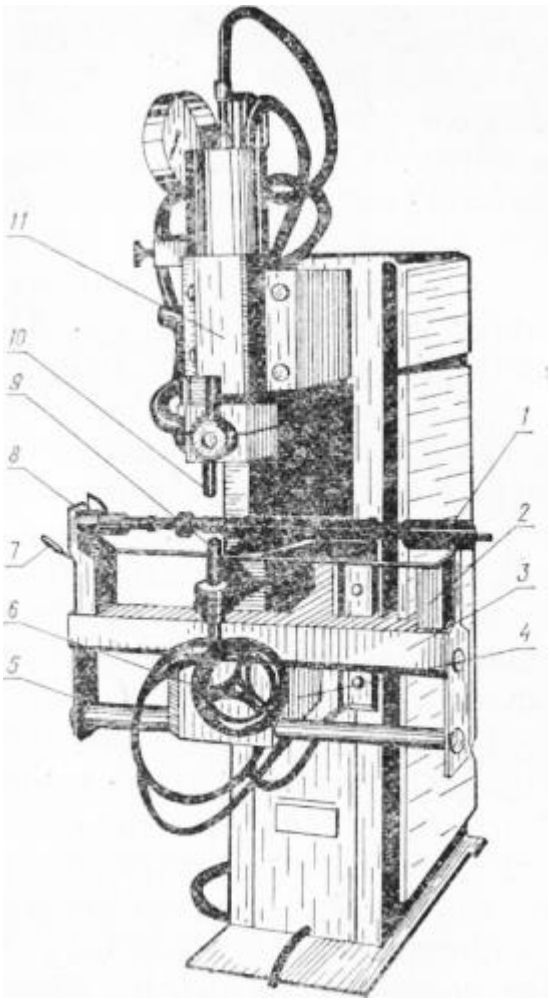


Рисунок 2 – Станок УД-139 для наплавки кулачков распределительного вала.

1 — винтовой зажим; 2 — кронштейн; 3 — стол; 4— рама; 5 — устройство для крепления вала; 6 — штурвал; 7 — рукоятка механизма подъема; 8 — делительное приспособление; 9, 10 — нижний и верхний электроды; 11 — машина для сварки.

Наплавка и напыление плазменной дугой – это одно из практичных и совершенных средств нанесения защитного покрытия. Опорные шейки распределительного вала наращивают методом электродуговой металлизации с последующей обработкой. В этом случае необходимо расточить головку в чистовой размер.

В настоящее время все активнее используется технология плазменной наплавки с применением проволочных и порошковых материалов. Благодаря своей универсальности и совместимости с различными типами присадочных порошков плазменная наплавка с использованием порошковых материалов является наиболее эффективной, так как позволяет значительно снизить затраты

на дефицитные и дорогие материалы и увеличить срок службы деталей. Наплавленные слои обладают высокой износостойкостью как при работе в разных условиях, так и при высоких контактных нагрузках на рабочие поверхности деталей.

Наплавка – это процесс нанесения слоя металла на поверхность предмета или заготовки с помощью метода сварки, который включает плавление. Наплавка является эффективным и экономичным способом увеличения срока службы деталей и машин благодаря восстановлению изношенных компонентов и изготовлению новых деталей.

Можно использовать вспомогательную дугу для плавления добавочного порошка и главную дугу для обеспечения необходимой температуры порошка при высоких рабочих условиях, что помогает достичь максимального перегрева поверхности детали. Основные параметры процесса оказались минимально зависимыми от скорости подачи порошка и, до определенного уровня, от скорости движения плазмотрона.

Плазменную наплавку можно провести двумя способами:

1. Газ охватывает и подает порошок на поверхность детали;
2. Присадочный материал добавляется в плазменную струю в виде проволоки, ленты или прутка.

В качестве плазменных газов можно использовать гелий, аргон, кислород, водород, азот, воздух. Лучшие результаты наплавки достигаются с использованием аргона и гелия.

Кроме того, для ремонта изношенных кулачков эксплуатируется технология автоматизированной плазменной наплавки, с использованием высоколегированных порошковых материалов. По результатам наплавки кулачковых распределительных валов, покрытие имеет толщину до 1.8 мм с твердостью 64 HRC и не имеет дефектов в виде пор или трещин. Уровень проникновения наплавляемого металла в верхнюю и переднюю часть кулачка примерно равен 0.4-0.5 мм. Микротвердость наплавленного металла неравномерна по толщине слоя. Наплавленный материал на вершине кулачка является анизотропным, с коэффициентом анизотропии первого рода 1.059.

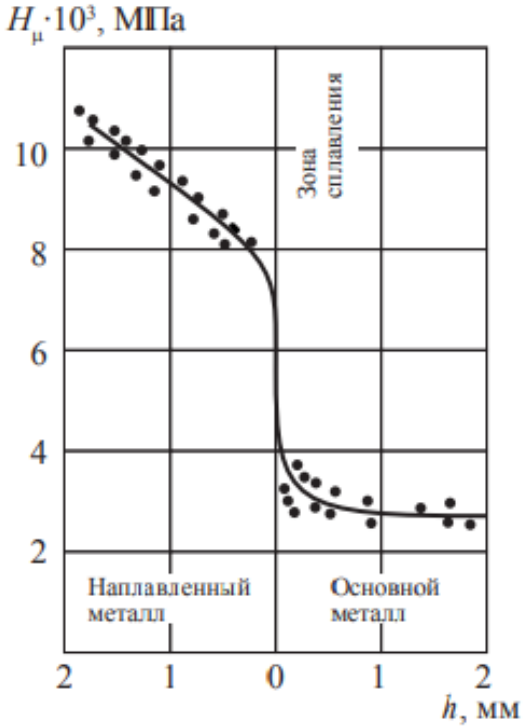


Рисунок 2 – Изменение микротвердости по глубине наплавленного металла при наплавке высоколегированным порошком

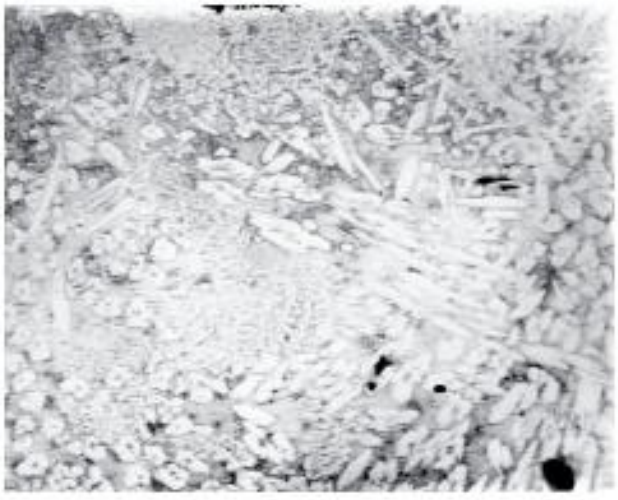


Рисунок 3 – Микроструктура металла, наплавленного высоколегированным порошком (х120)

Технологический процесс реставрации кулачков распределительного вала состоит из следующих типов операций: первоначальная шлифовка изношенного слоя кулачка, нанесение покрытия на кулачок с использованием высоколегированного порошкового материала, исправление вала посредством чеканки, обработка кулачка на точильном станке.

Список литературы

1 Верещак, Ф.П. Проектирование авторемонтных предприятий. Справочник инженера-механика / Ф.П. Верещак, Л.А. Абелевич. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.

2 Двигатели ЗИЛ-130: Руководство по капитальному ремонту. Ч. 1, 2. – М.: КТБ авторемонтного производства, 1981.

3 Ремонт автомобилей: Учебник для автотрансп. Техникумов / С.И. Румянцев, А.Г. Боднев, Н.Г. Бойко и др.; Под ред. С.И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 327 с.

4 Чумаченко, Ю.Т., Герасименко, А.И., Рассанов, Б.Б. АВТОСЛЕСАРЬ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие / Под ред. А.С. Трофименко. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 576 с.

5 Румянцев, С.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. С.И. Румянцев, А.Ф. Синельников, Ю.Л. Штель. – М.: Машиностроение, 1989.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ЗАГЛУШКИ РДТТ

Гузь И.В., Анохин К.Е., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В данной работе рассматривается применение сопловой заглушки в корпусе твердотопливного ракетного двигателя (РДТТ), а также её расчет на прочность программе KOMPAS-3D v18.1.

В конструкции соплового блока присутствует заглушка, изображенная на рисунке 1. Заглушка в сопловом блоке выполняет следующие функции:

1. Герметизация внутренних полостей РДТТ. Она предотвращает проникновение внешнего воздуха во внутренние полости и обеспечивает сохранность конструкции.

2. Обеспечение внутрибаллистических характеристик на участке выхода двигателя на режим. Поскольку характер роста давления в камере и время выхода на режим при запуске РДТТ существенно зависят от давления вылета заглушки, ее наличие играет важную роль.

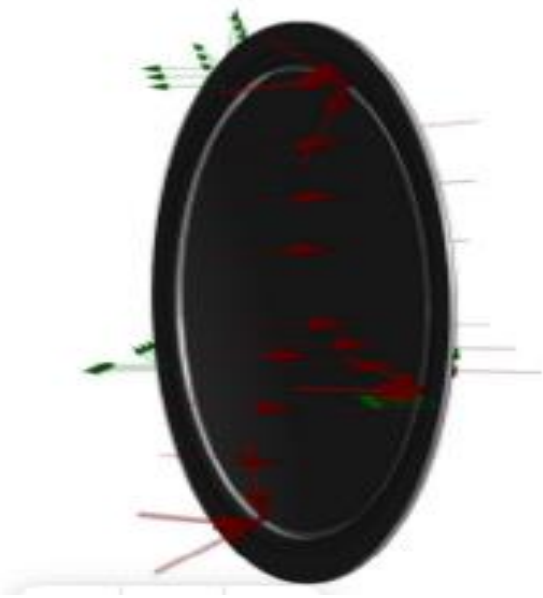


Рисунок 1 – Модель заглушки

Рабочий процесс в камере РДТТ начинается с подачи электрического напряжения на электрозапалы пиропатронов. Форс пламени от воспламеняющейся навески пиропатрона обеспечивает зажигание воспламенительного состава, содержащего дымный порошок. Горение воспламенительного состава происходит в замкнутом объеме прочного корпуса при давлении, которое пре-

вышает давление в камере сгорания. Поступление продуктов сгорания воспламенительного состава в камеру происходит через специально спрофилированные отверстия в корпусе воспламенителя, которые на начальном этапе времени заглушены. Массоприход в передний объем РДТТ приводит к повышению давления в нем и формированию волны сжатия, направленной в сопловой объем. Скорость распространения волны сжатия должна быть дозвуковой или сверхзвуковой относительно параметров газа перед волной. Вслед за волной распространяются высокотемпературные продукты сгорания воспламенительного состава, которые прогревают поверхность топливного заряда за счет конвективного, лучистого и кондуктивного теплопереноса.

Высокое давление в камере, порядка 1 Мпа, приводит к разрушению заглушки, после чего уровень давления примерно выравнивается и остается постоянным до тех пор, пока к горению начинает подключаться поверхность топливного заряда. Чтобы заглушка полностью покинула камеру сгорания после разрушения и не мешала процессам, проходящим в ней, у нее имеется специальная канавка, по которой заглушка разрушается [1].

В ходе работы были подобраны подходящие форма и размеры заглушки и ослабляющего паза, рисунок 2, для обеспечения необходимого предела прочности, чтобы заглушка равномерно порвалась и покинула камеру сгорания [2].

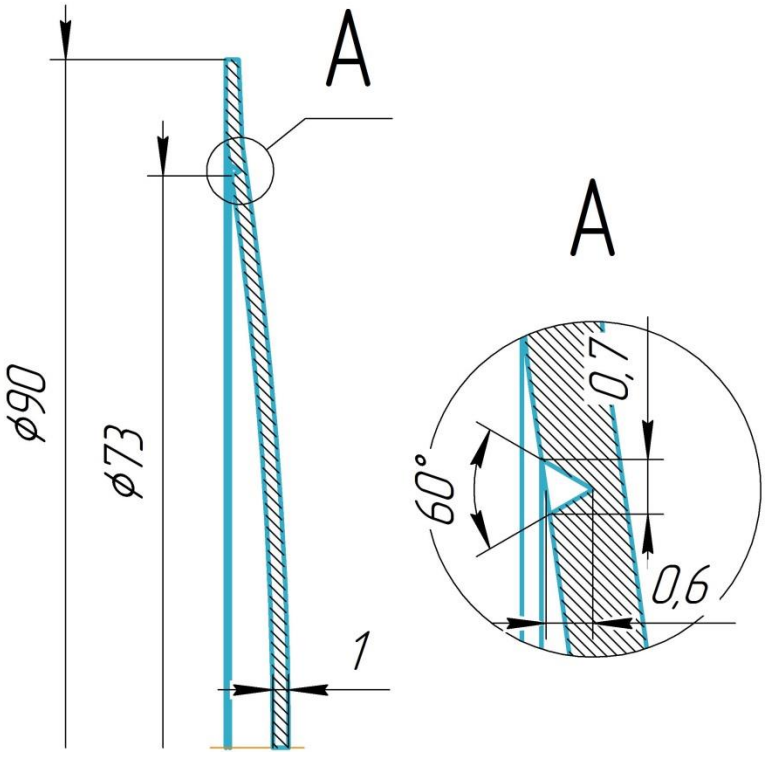


Рисунок 2 – Геометрия заглушки

Для расчета прочности заглушки используется программное обеспечение KOMPAS-3D v18.1, которое является системой автоматизированного проектирования (САПР) с возможностью создания 3D-моделей, проведения расчетов и

оформления проектной и конструкторской документации в соответствии со стандартами серии ЕСКД и СПДС. В рамках системы также предусмотрен модуль для анализа напряжений. Расчет проводится в статическом режиме, при котором не учитываются колебания и динамические нагрузки [3].

Для проведения расчета необходимо задать начальные условия, такие как геометрические параметры заглушки (3D-модель), используемый материал и нагрузки, действующие на заглушку. Свойства твердотельной модели заглушки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства твердотельной модели

Параметр	Значение
Применяемые материалы	Д16 ГОСТ 4784-97
Тип модели	Линейная упругая изотропная
Тип элементов	4-узловые тетраэдры
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1.6
Коэффициент разрежения в объеме	2
Количество конечных элементов	130681
Количество узлов	42925

Результаты расчета приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2 – Результат анализа запаса по прочности

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса	Коэффициент запаса по прочности	0,82	10

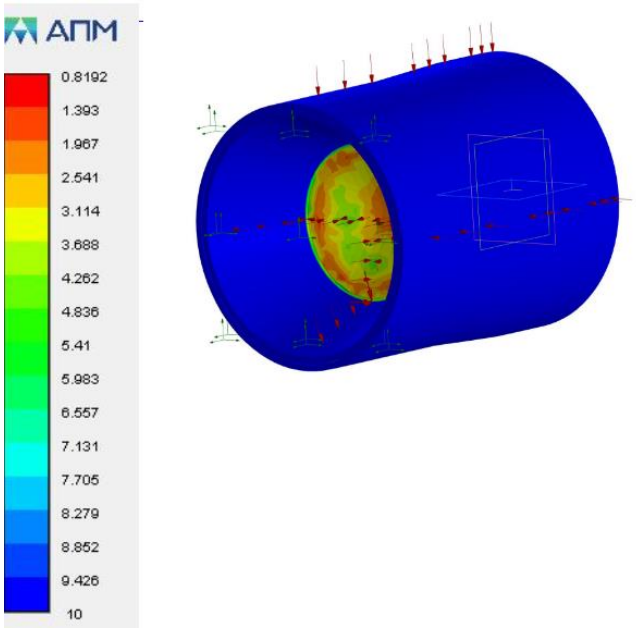


Рисунок 3– Графическое изображение запаса по прочности

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод, что максимальное напряжение, действующее на заглушку по величине больше, чем предел прочности материала заглушки. Это подтверждается коэффициентом запаса по пределу прочности 0,82. Перемещения стенки заглушки лежат в допустимых пределах.

Список литературы

1. Белов, Г.В. Основы проектирования ракет: учебное пособие для вузов / Г.В. Белов, С.И. Зонштайн, А.П. Оскерко. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.

2. Новиков, В.Н. Основы устройства и конструирования летательных аппаратов: Учебник для студентов высших технических учебных заведений / – М.: Машиностроение, 1991. – 368 с.: ил.

3. Припадчев, А.Д. Конструирование узлов летательных аппаратов учебное пособие / А.Д. Припадчев. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т., 2013. – 144 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Гуньков С.А., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время в современных промышленных предприятиях сложилась тенденция к интенсификации производственных процессов, которая базируется на таких составляющих, как бережливое производство, максимальная продуктивность и оптимизация [1]. Для ее реализации широко разрабатываются технологии наращивания объемов выпуска продукции и снижения времени производства, внедряются системы повышения качества. Отмечается [2], что успешность внедрения той или иной технологии повышения эффективности зависит как совершенствования каждого этапа выпуска продукции с целью интенсификации производства, так и снижения до полной ликвидации всех возможных видов производственных потерь [3].

Главный источник потерь предприятия, часто, скрыт в разнообразных транспортных операциях, включающих в себя доставку заготовок разного типа, инструментов, готовых изделий и т.д. Своевременная доставка заготовок из складских помещений непосредственно к станкам обеспечивает течение производственного процесса с минимальными простоями. В случае рассогласования транспортных потоков на предприятии происходят потери времени, которые выражаются в простоях оборудования, накоплении излишних запасов без производственной необходимости и т.д. Все это приводит к малоэффективной трате фонда рабочего времени и материальных ресурсов.

В ряде работ современных авторов выявлены и обнародованы существующие проблемы наращивания эффективности для промышленных предприятий. Так, в работе [4] приведен анализ системы транспортировки грузов на конкретном промышленном предприятии. Исследованию подвергалась внутризаводская логистика, в частности – ее влияние на размер простоев оборудования. В качестве выводов приводятся рекомендации о необходимости проектирования системы логистики для современных промышленных предприятий.

В исследовании [5] рассмотрена система регулирования транспортных потоков и процесс проектирования подобной системы. Особый упор в работе делается на диверсификацию деятельности. В результате исследования определено, что сложность транспортной структуры, необходимой для обслуживания сложных промышленных комплексов нелинейно возрастает со степенью диверсификации производственных процессов предприятия.

В работе [6] рассматривается процесс проектирования структуры транспортных маршрутов, в процессе каких-либо структурных изменений в производстве. В этом случае особую роль играет степень сложности

структурного синтеза маршрутов, для чего разрабатывается специализированный алгоритм синтеза маршрутов. В работе для решения поставленной задачи применен алгоритм Дейкстры, который позволяет сопоставить различные условия разрабатываемых маршрутов и выбрать наилучший.

Все сказанное подтверждает актуальность исследования и проектирования транспортных потоков предприятия для повышения производительности и снижения простоев оборудования.

В качестве объекта анализа предлагается транспортная система производственного предприятия. Система основана на процессе автоматической доставки заготовок к определенным станкам [7]. Для упрощения принято, что доставка осуществляется однотипными тележками от склада к станкам.

Как правило, современные внутризаводские транспортные системы представлены AGV-тележками (AGV – Automatic Guided Vechicle – автоматически управляемый транспорт) [8]. Автономность данной тележки обеспечивается автоматикой и не требует управления отдельным человеком-оператором. В работе анализируется процесс доставки именно этим транспортом.

Схематично процесс транспортного снабжения на предприятии приведен на рисунке 1.

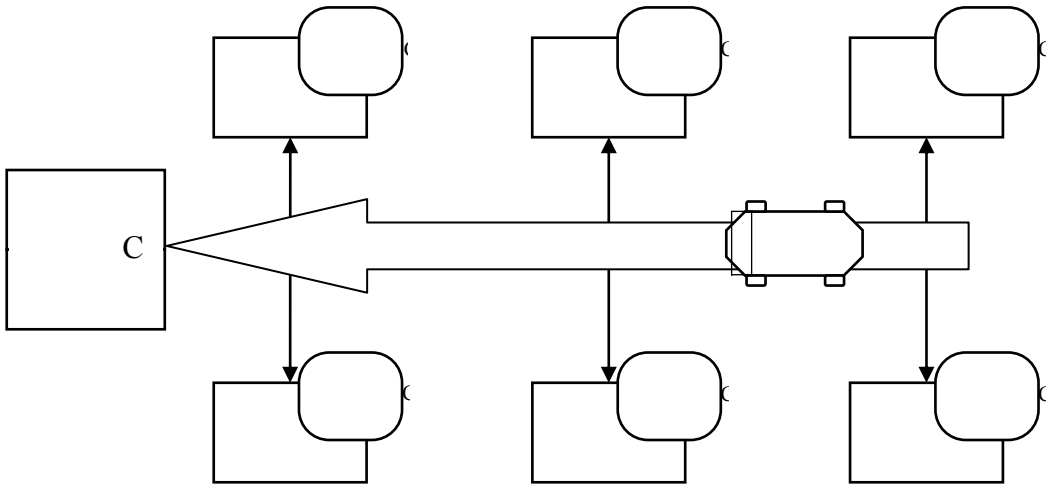


Рисунок 1 – Схема транспортировки заготовок от склада к станкам

Для оптимизации движения AGV-тележек на производственном предприятии необходимо решить многокритериальную задачу удовлетворения всех запросов на доставку заготовок, возникающих в процессе реального производства.

Для решения задачи оптимизации предложена программа, которая моделирует процесс производства деталей с использованием станков и AGV-тележек. Данная программа имитирует работу производственного процесса, где

станки обрабатывают детали, а AGV-тележки перемещаются между станками и выполняют задачи по погрузке, разгрузке и перемещению деталей.

Обобщенная структура разработанной программы представлена на рисунке 2.

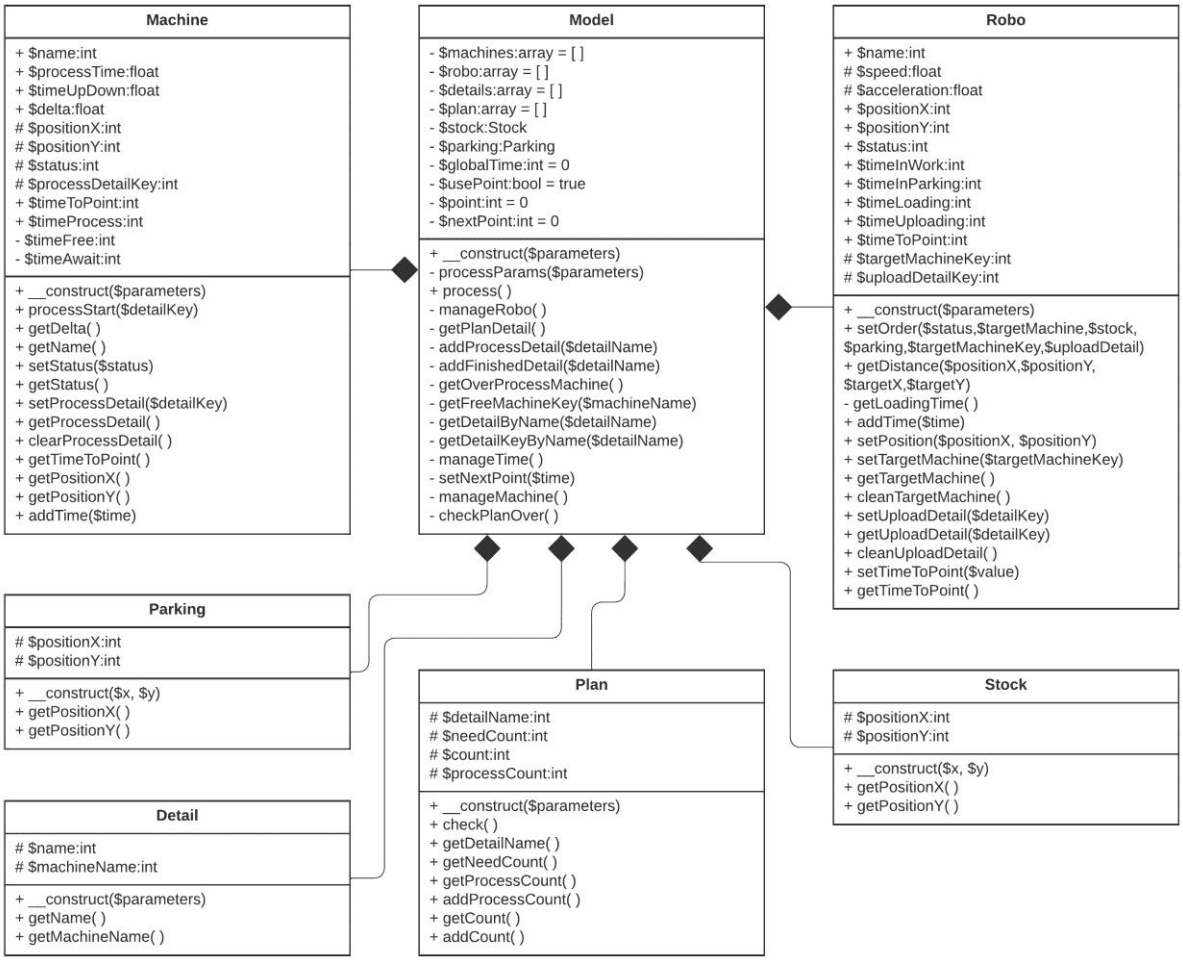


Рисунок 2 – Обобщенная структура программы оптимизации взаимодействия производственно-логистических операций

Цель создания программы – проектирование производственного участка, при котором наиболее эффективно организован производственный процесс, минимизированы время и ресурсы, достигается требуемое количество произведенных деталей в соответствии с заданной программой.

Разработанный программный продукт позволяет выполнять структурно-параметрический синтез транспортной системы предприятия. Предложенная структура программы описывается диаграммой классов, которые позволяют моделировать взаимодействие между станками, AGV-тележками и складом, что дает возможность перейти к разработке модулей для оптимизации проектирования производственного участка в целом.

Список литературы

1 Гуньков, С. А. Разработка программного продукта для построения карты создания ценности / С. А. Гуньков, С. С. Акимов // Программные продукты и системы. – 2020. – № 2. – С. 204-209.

2 Михайлов, К. Д. Повышение эффективности организации производства на предприятии / К. Д. Михайлов // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – № 6-1(76). – С. 179-182.

3 Гуньков, С. А. Построение карты потока создания ценностей в системе бережливого производства предприятия / С. А. Гуньков, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 31 января – 02 2018 года / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет". – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. – С. 654-657.

4 Агафонова М. С., Торба Е. К., Морозова В. В. Совершенствование производственного процесса на предприятии // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 2. – С. 447–450.

4 Ходоскина, О. А. Роль транспортной логистики в деятельности промышленного предприятия / О. А. Ходоскина, В. Д. Анасович, А. И. Хилькевич // Наука та прогрес транспорту. – 2019. – № 2(80). – С. 49-59.

5 Кузьмина, М. Г. Диверсификация деятельности промышленных предприятий: проблемы и модели управления / М. Г. Кузьмина, О. А. Лузгина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 3(31). – С. 29-38.

6 Особенности освоения технологии прокатки-разделения на действующем непрерывном мелкосортном стане / А. Р. Фастыковский, А. Г. Никитин, С. В. Беляев, А. В. Добрянский // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63, № 5. – С. 313-317.

7 Акимов, С. С. Минимизация временных потерь на производстве при построении карт потока создания ценности / С. С. Акимов, Б. К. Жумашева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 6. – С. 83-85.

8 Алгоритм параметрического синтеза транспортной системы предприятия / А. И. Сергеев, С. А. Гуньков, Е. М. Езерская, А. Н. Попов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2023. – № 4(192). – С. 46-50.

ВАРИАНТЫ ВНЕШНЕГО ОБЛИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СХЕМЫ ЛЕТАЮЩЕГО КРЫЛА

Девятов А.А., Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Компоновки летательных аппаратов – это основа, на которой строится и развивается любой летательный аппарат. Она позволяет конструктору осуществлять подбор критических характеристик, и обеспечивает безопасность и выполнение сложных задач.

Успех разработки напрямую зависит от выбора правильной схемы, которая должна сочетать в себе эффективность, маневренность и безопасность.

В данной статье мы рассмотрим различные схемы летательных аппаратов, их особенности и применение в современном особенно в отношении компоновки крыла у летательных аппаратов в области ракетостроения.

Основные компоненты самолета в общем случае включают крыло, фюзеляж, горизонтальное и вертикальное оперение.

Крыло выполняет функции создания подъемной силы, обеспечения устойчивости и управляемости в поперечной плоскости, а также обеспечения необходимых характеристик для взлета и посадки.

Фюзеляж представляет собой оболочку самолета, внутри которой находятся экипаж, пассажиры, оборудование и грузы. В некоторых случаях фюзеляж также может выполнять функцию несущей части самолета, способствуя созданию подъемной силы.

Горизонтальное и вертикальное оперение служат для обеспечения продольной устойчивости, управляемости и путевой устойчивости в некоторых случаях.

Аэродинамическая компоновка самолета и его аэродинамические характеристики подчинены специфическим требованиям, направленным на обеспечение высоких летных характеристик, выживаемости, безопасности полета, экономичности и комфорта. Некоторые из главных требований включают:

1. Минимизацию лобового сопротивления, достижение необходимых аэродинамических свойств и высокого аэродинамического качества.
2. Достижение приемлемых характеристик скорости, проходимости и высоты полета.
3. Обеспечение необходимых моментных характеристик, устойчивости и управляемости во всех режимах полета.
4. Исключение возможности опасных ситуаций.
5. Защиту от кинетического нагрева.
6. Способность продолжать полет в условиях турбулентности, обледенения, двигательных отказов и других особых случаях.
7. Минимизацию тепловой и радиолокационной обнаружимой.

В таблице 1 приведена попытка систематизации внешнего вида "летающих крыльев" при их практической реализации. В отличие от других типов летательных аппаратов, у летающих крыльев различие стреловидности крыла имеет гораздо большую роль в их характеристиках. Это связано с различными методами обеспечения устойчивости стреловидных крыльев. не стреловидных «летающих крыльев» [1].

Аэродинамическая или геометрическая методика. Она позволяет улучшить устойчивость и маневренность такого типа аппаратов в полете. Применение отрицательных параметров позволяет уравновесить центр тяжести и создать оптимальные условия для управления "летающим крылом".

Эти методы являются важными для обеспечения безопасности и эффективности полетов на таких типах аппаратов.

Помимо самобалансировки при использовании положительных углов атаки, происходит приближение распределения подъемной силы по размаху крыла к эллиптическому закону.

Такая модификация приводит к уменьшению индуктивного сопротивления и изгибающего момента.

Кроме того, это помогает предотвратить срыв потока на концах крыла. Это позволяет уменьшить сопротивление воздуха и повысить маневренность летательного аппарата.

Кроме того, стреловидное крыло способствует более эффективному использованию основной площади крыла для грузов и пассажиров.

В результате, летательный аппарат становится более экономичным и способным выполнять более сложные маневры в воздухе [3].

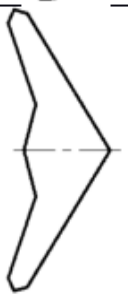
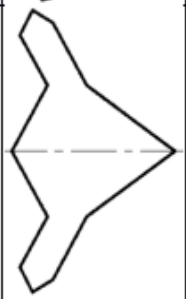
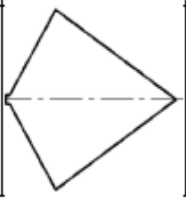
Трапециевидное крыло, не обладающее стреловидной формой, характеризуется длинной корневой хордой, что позволяет создавать большую высоту для размещения сложных элементов внутри.

В данном случае, устойчивость достигается за счет использования самобалансирующихся S-образных профилей с изогнутым вверх хвостовиком.

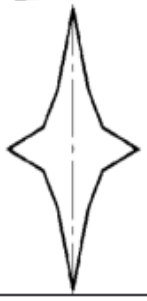
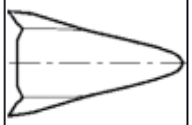
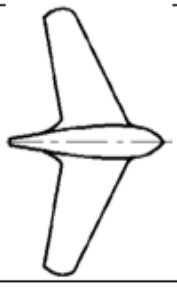
Однако, такие профили имеют более низкие аэродинамические свойств, характеристики, чем обычные профили [10].

Кроме того, нестреловидное крыло вносит дополнительные ограничения в распределение элементов и полезной нагрузки конструкции. В случае статически устойчивых самолетов, большая часть веса должна быть сосредоточена в передней части крыла, что оставляет много неиспользованного внутреннего пространства. Использование концепции "электронной устойчивости" может частично решить эту проблему, однако самолет все равно будет иметь избыточную размерность [6].

Таблица 1 Разновидности реализаций внешнего облика летательных аппаратов схемы «летающее крыло» и близких типов.

№	Название	Вид в плане	Примеры	Особенности
1	«Летающее крыло» без выраженного центроплана		Планёры Черановского, Ho.I…III, Ho.VII, N-1M, N-9M, XB-35, B-2, LA, LM	Недостаток строительной высоты центроплана зачастую компенсируется редуцированным фюзеляжем
2	«Летающее крыло» с изломом передней кромки		DarkStar, Corax, Инспектор-301, BAT, ProjectWing	Строительная высота центроплана увеличена за счёт излома передней кромки треугольной или криволинейной формы
3	«Летающее крыло» с изломом задней кромки		Планёры Пьецуха, Ho.IX, nEUROn, RQ-170, X-45C	Строительная высота центроплана увеличена за счёт излома задней кромки, как правило, треугольной формы
4	«Летающее крыло» с изломом передней и задней кромок (cranked kite)		RQ-180, B-21, X-45A	Имеет развитый центроплан со специальным профилем. В общем случае положения изломов передней и задней кромок могут не совпадать
5	«Летающее крыло» малого удлинения		X-47A, F5U-1	

Продолжение таблицы 1 Разновидности реализаций внешнего облика летательных аппаратов схемы «летающее крыло» и близких типов

№	Название	Вид в плане	Примеры	Особенности
6	Blended wing body		Boeing-797, ДМС-ЛК, Т-4МС, X-48B, DP-11	Отличается сильно уплощённым несущим фюзеляжем, плавно переходящим в консоли. Зачастую имеет вертикальное или V-образное оперение. В разных источниках считается либо разновидностью ЛК, либо отдельной схемой
7	Bi-directional		-	Крыло в форме четырёхлучевой звезды, обеспечивающее полёт в двух взаимно перпендикулярных направлениях
8	Несущий корпус		X-24, HL-10, «Клиппер»	Крыло отсутствует, подъёмная сила создаётся корпусом, для стабилизации установлено оперение. Применяется на высокоскоростных ЛА. Не ЛК
9	«Бесхвостка»		Самолёты Данна и Хилла, Ме-163, F7U, F-102, F-106, Ту-144	Имеется чётко выраженный фюзеляж и вертикальное оперение большой площади, горизонтальное оперение отсутствует. Не ЛК

Кроме того, нестреловидное крыло вносит дополнительные ограничения в распределение элементов и полезной нагрузки конструкции. В случае статически устойчивых самолетов, большая часть веса должна быть сосредоточена в передней части крыла, что оставляет много неиспользованного внутреннего пространства. Использование концепции "электронной устойчивости" может частично решить эту проблему, однако самолет все равно будет иметь избыточную размерность [6]. Нестреловидное установка киля необходима на крыле, так как он сам по себе не обладает достаточной устойчивостью. Крыло обратной стреловидности имеет еще больше проблем, поэтому требует установки более крупного киля. Чтобы достичь приемлемого центра массы, гондола (короткий фюзеляж) должна выходить за переднюю кромку крыла и содержать значительную часть массы. Однако, большой размер киля и использование крыльев обратной стреловидности делает такую схему неэффективной на "летающих крыльях". Крыло малого удлинения имеет свои преимущества в ком-

поновке и устойчивости, но обеспечение хорошего аэродинамического качества для него является сложной задач [7].

Структурных элементов. Это позволяет добиться оптимального сочетания прочности, легкости и аэродинамических характеристик. Кроме того, использование сложных форм крыльев может улучшить общую эффективность самолета и его маневренность. Такое решение позволяет достичь более высокой скорости и более точного управления в воздухе. Кроме того, использование сложных форм крыльев может снизить сопротивление воздуха и уменьшить шум, что делает полет более комфортным для пассажиров и экипажа. стреловидностейСгибание передней кромки способствует формированию "псевдостреловидность" и отказ от килей и S-образных профилей у ЛК с недостаточной или умеренной стреловидностью в пользу крутки приводит к увеличению хорды и строительной высоты центроплана при сохранении большого удлинения [8]. Стреловидное крыло с изломом по задней кромке сохраняет свои преимущества при удлиненной корневой хорде. Схема "cranked kite" (изначально разработана фирмой "Northrop Grumman" прикреплены два подвижных крыла. Этот тип конструкции позволяет ДПЛА иметь высокую маневренность и стабильность в полете. Кроме того, на центроплане установлены двигатели, обеспечивающие высокую скорость и дальность полета. Вся эта конструкция позволяет RQ-180 выполнять сложные разведывательные задачи на больших расстояниях. пристыкованы бомбардировщика. Это позволяет улучшить аэродинамику и обеспечить необходимую стабильность в полете. Это доказано в схеме 4 и таблице 1 [10]. Такое решение может быть применено даже при использовании различной формы крыльев, как, например, у B-2 бомбардировщика [4].

Список литературы

1. Марковский В., Перов К. Крылья судного дня. Авиаракетный комплекс X-55 // Наука и техника. 2010. № 2. С. 30 - 38; № 3. С. 30 - 38; № 4. С. 38 - 41.

2. Гусейнов А.Б., Трусов В.Н. Проектирование малозаметных летательных аппаратов. - М.: Изд-во МАИ, 2014. - 288 с.

3. Гусейнов А.Б., Низов Д.Е. Анализ способов снижения показателей заметности воздухозаборников летательных аппаратов в радиолокационном диапазоне длин волн // Труды МАИ. 2014. № 78. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=53564

4. Northrop J.K. The development of all-wing aircrafts // 35th Wilbur wright memorial lecture Northrop Nurflügels. URL: http://www.nurflugel.com/Nurflugel/Northrop/northrop.html

5. Liebeck R.H. Design of the blended wing body subsonic transport // Journal of Aircraft, 2004, vol. 41, no 1, pp. 97 - 104, doi: 10.2514/1.9084.

6. Соболев Д.А. Столетняя история «летающего крыла». - М.: Русское авиационное акционерное общество, 1998. - 288 с.

7. JB Series (JB-1 through JB-10). Directory of U.S. Military Rockets and Missiles. URL: http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/jb.html

8. BLACKJACK. Militaryrussia. Ту-160: отечественная военная техника (после 1945г.). URL: http://militaryrussia.ru/blog/category/265/topic/topic/topic/index-288.html
9. Кожевников Д.Д. Крылатая ракета-экранолёт. Патент РФ № 2015135212/03. Бюлл. № 28, 10.10.2016.
10. Supersonic Flying Wing Nabs $100,000 from NASA space.com. August 30, 2012. URL: https://www.space.com/17393-supersonic-flying-wing-nasa.html

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (РЛХ) ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Дудоров В.Б., доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный аграрный университет»

Измерители статических РЛХ в силу своей сложности, многофункциональности, многоканальности и высокой степени автоматизации процесса обработки информации могут быть отнесены к классу информационно-измерительных систем (ИИС).

При изучении характеристик и свойств измерителей статических РЛХ необходимо выделить следующие основные методологические положения.

1. Принципиальным моментом в исследовании измерителей РЛХ является выявление двух видов структур – морфологической и функциональной. Морфологическая структура (МС) описывает расположение элементов и связей, а функциональная (ФС) – совокупность этапов преобразования измерительной информации.

2. Развитие и совершенствование измерителей статических РЛХ приводит к усложнению МС, что расширяет функциональные возможности измерительной системы. Эти факты приводят к росту числа состояний, в которых должны находиться отдельные узлы и устройства измерителя РЛХ и системы в целом.

3. Морфологическая структура является «первичной» по отношению к ФС и характеризуется большим разнообразием, поскольку каждый вид РЛХ и методы их измерения порождают соответствующую измерительную систему со своей МС.

На рисунке 1 показана возможная МС поляриметра, измеряющего непосредственным методом статические РЛХ.

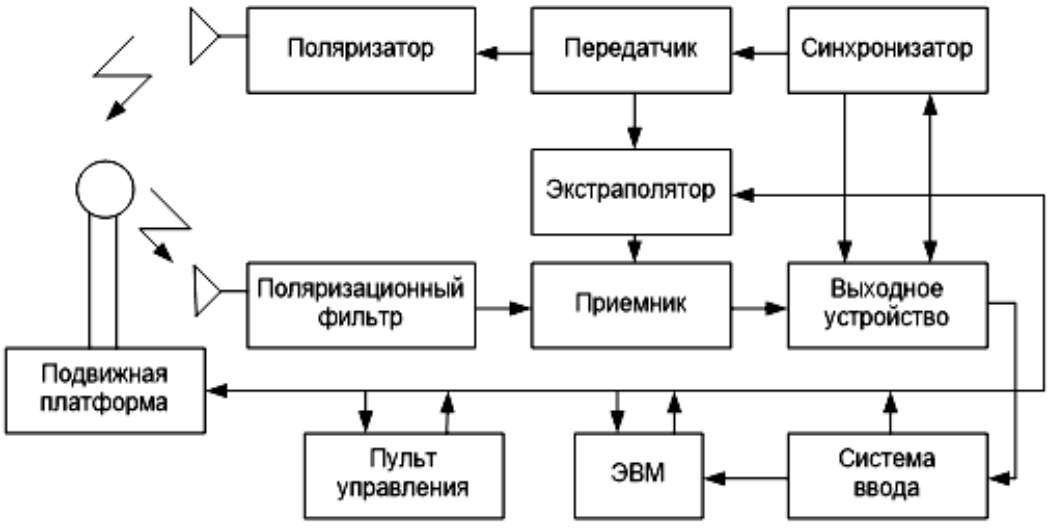


Рисунок 1 – Морфологическая структура поляриметра

4. Функциональная структура измерителя РЛХ характеризует последовательность выполнения процедур при измерении статических РЛХ.

Получение информации о статических РЛХ включает измерение рассеивающих свойств цели (например, матрицы S) в функции ракурса цели χ с учетом возможности изменения геометрических и физических свойств цели Γ в процессе измерения.

5. В соответствии с выявлением двух видов структур – МС и ФС – может быть осуществлена классификация источников погрешности измерения статических РЛХ.

6. Анализ МС позволяет определить систему параметров, характеризующих работу блоков и устройств измерителя РЛХ: мощность передатчика, характеристики зондирующего сигнала, чувствительность приемника, разрядность и быстродействие процессора обработки данных и т.п.

Изучение ФС дает возможность найти характеристики измерителя РЛХ, описывающие целевое назначение системы и определяющие его метрологические свойства.

Параметры измерителя РЛХ, вытекающие из анализа его МС или ФС, принято называть морфологическими или функциональными параметрами (МП и ФП).

7. При аттестовании измерителей РЛХ основное внимание уделяется определению ФП, так как с помощью этих характеристик различные измерительные системы могут сравниваться между собой.

Состав и морфологическая структура измерителей РЛХ, в принципе, мало чем отличается от аналогичных структурных свойств радиолокационных систем, поскольку в измерителях РЛХ, по существу, моделируется процесс радиолокационного наблюдения.

Одно из направлений измерений статических РЛХ как раз и предполагает использование существующих РЛС на натурных полигонах (натурные измерители) [1].

Однако в измерителях РЛХ дальность до объекта выбирается обычно гораздо меньшей, чем в практике обычной радиолокации. По этой причине существенно уменьшаются размеры измерительной установки, обеспечивается энергетический выигрыш, а, следовательно, повышается качество и надежность получаемой информации,

Малые расстояния до объекта приводят к появлению специфических трудностей. В этом случае приходится учитывать отличие фронтов облучающей и рассеянной волн от плоских. Другая трудность состоит в обеспечении условий свободного пространства, исключающих влияние элементов конструкции измерителя РЛХ на результаты измерений.

Чаще всего измерения организуются в условиях безэховых камер (БЭК) с использованием принципа электромагнитного моделирования [2].

В других случаях организуется пространственно-временная селекция полезного сигнала, отраженного от цели, и мешающих сигналов. Так, если разрешающая способность измерительной установки по дальности составляет 1–2 м,

разрешающая способность по угловым координатам – 0,5°, то измерения РЛХ для целей, имеющих ЭПР более 10^{-4} м^2, могут быть организованы в лабораторных условиях без использования БЭК.

Измерительные установки могут классифицироваться по назначению на специализированные (проводится измерение только статических РЛХ) и на универсальные (наряду с указанными измерениями осуществляется оценка электромагнитной совместимости [1], определение динамических и статистических РЛХ, определение параметров антенных систем и т.п.).

Измерительные системы можно также классифицировать по номенклатуре определяемых статических РЛХ: одно- и двухпозиционные статические РЛХ, локальные РЛХ и т.п. Измерители РЛХ могут также различаться уровнем автоматизации измерений, возможностями имеющихся в структуре вычислительных средств, степенью автономности, числом измерительных каналов, унификацией состава, метрологическими свойствами.

Сложившуюся систему измерителей РЛХ принято разделять на натурные и использующие принцип электромагнитного моделирования.

Существуют два основных типа натурных полигонов, различающихся способом крепления и вращения объектов. Может применяться жесткое крепление на слабо отражающей опоре и подвеска реальных объектов достаточно высоко над поверхностью земли.

Несмотря на кажущуюся простоту исследований на модельных полигонах, па практике такие измерения встречают ряд трудностей. Эти трудности обусловлены, в первую очередь, жесткими требованиями к допускам при изготовлении моделей. Поэтому выбор длины волны $\lambda_м$ при моделировании не может быть произвольным. Принято считать, что для обеспечения допустимой погрешности измерений статических РЛХ в качестве критерия гладкости поверхности и точности габаритов следует использовать величину, равную $10^{-3}\ \lambda_м$.

Для получения характеристик падающей на цель волны, идентичных плоской волне, применяются коллиматоры, выполненные на основе линзовых антенн. Использование длиннофокусных диэлектрических линз, выполненных из материала с малой диэлектрической проницаемостью, позволяет измерять статические РЛХ целей на дальностях, значительно меньших расстояния до границы дальней зоны антенной системы [1].

Методы обеспечения условий свободного пространства при измерении статических РЛХ используют практически весь арсенал средств и способов повышения разрешающей способности, накопленный в радиолокации. В этом случае удается отстроиться от мешающих отражений, обусловленных элементами конструкции измерителя РЛХ.

Специфическим для условий измерений статических РЛХ является возможность подавления мешающих отражений с помощью безэховых камер [2].

Одной из тенденций современного развития измерителей РЛХ является их комплексирование. Оно предполагает объединение некоторого числа измерителей РЛХ в единую измерительно-информационную систему.

Подобная система содержит в своем составе модельные полигоны с БЭК,

натурные полигоны и соответствующие ЭВМ, с помощью которых осуществляется согласование различных результатов измерений статических РЛХ, статистическая обработка измерительной информации, накопление данных, их представление к виду, удобному для потребителей.

Измерительно-информационная система увеличивает номенклатуру определяемых РЛХ и исследуемых объектов, значительно повышает точность измерительной информации за счет сопоставления результатов измерения, полученных на различных полигонах.

Комплексирование предполагает аттестование по единой методике всех измерителей статических РЛХ, входящих в ИИС, независимо от различия в принципах их действия и номенклатуры измеряемых статических РЛХ.

К настоящему времени разработаны основные принципы построения измерителей диаграмм одно- или двухпозиционных матриц рассеяния как наиболее распространенного класса статических РЛХ.

Основным методом определения матрицы является прямой, непосредственный способ измерения ее элементов, заключающийся в том, что измерения проводятся в два этапа.

На первом этапе излучается волна, вектор поляризации которой в окрестности радиолокационной цели совпадает с одним из ортов входного базиса матрицы рассеяния. Поляризация волны, рассеянной в направлении на приемную антенну, анализируется путем разложения по ортам ортогонально поляризованных каналов.

На втором этапе излучается волна с поляризацией, ортогональной поляризации волны, используемой на первом этапе, и также определяется поляризационное состояние рассеянной волны. Векторы ортогонально поляризованных каналов приемной антенной системы параллельны ортам выходного базиса матрицы рассеяния.

Наиболее широкое теоретическое и практическое приложение получила так называемая линейно ограниченная матрица рассеяния, которая определена двумя компонентами линейной поляризации – вертикальным и горизонтальным.

Если для измерений использовать одноканальный поляриметр, то, в принципе, можно найти как собственные поляризации, так и поляризации нулевого сигнала. Определение этих поляризаций производится фиксацией поляризаций антенны, при которых выходные сигналы приемного устройства принимают экстремальные значения.

Однако методы, связанные с медленной перестройкой антенны по поляризации, могут быть использованы в стационарных условиях при достаточно медленном изменении ракурса цели [3].

Косвенные методы определения поляризационных инвариантов основаны на совместной обработке результатов измерений амплитуд принятых сигналов при различных поляризациях падающей волны.

Прямые и косвенные методы определения элементов матрицы рассеяния различаются тем, что при непосредственном измерении элементов матрицы на

выходах поляриметра измеряются величины, прямо пропорциональные модулям и аргументам этих элементов, а при косвенных – функции элементов матрицы рассеяния. Большим преимуществом непосредственных методов является полный прием отраженных сигналов, что способствует повышению точности и достоверности измерений. В работе [3] рассмотрены схемы поляриметров с непосредственным и косвенным измерением элементов матрицы рассеяния.

Они предполагают либо применение нескольких видов поляризаций (на облучение) и многоканальный прием рассеянного сигнала с последующей регистрацией амплитуд и фаз сигналов в каждом из приемных каналов, либо излучение и прием рассеянного сигнала по двум каналам с ортогональной поляризацией и последующей регистрацией амплитуд и фаз ортогональных компонентов в каждом канале.

Во всех косвенных методах определения матрицы рассеяния или ее инвариантов число измерений выбирается так, чтобы однозначно вычислить искомые характеристики.

Очень интенсивно разрабатываются методы определения поляризационных свойств целей, которые предполагают введение в результаты измерений большой информационной избыточности. Введение указанной избыточности позволяет повысить надежность получаемых результатов, преобразовать данные о матрице рассеяния в достаточно просто интерпретируемые параметры анализируемых сигналов (чаще всего в параметры амплитудной модуляции отряженных сигналов при модуляции параметров зондирующих сигналов по известному закону).

Примером поляриметра с введением информационной избыточности результатов измерений статических РЛХ является измеритель РЛХ, работающий в режиме полного поляризационного сканирования [4]. В указанной работе анализируются свойства электромагнитной волны, отраженной от стабильной цели, в режиме полного поляризационного сканирования, и исследуются возможности надежного определения поляризационных свойств целей.

Список литературы

1. Майзельс, Е.Н. Измерение характеристик рассеяния радиолокационных целей / Е.Н. Майзельс. – М.: «Сов. Радио», 1972. – 232 с.

2. Мицмахер, М.Ю. Безэховые камеры СВЧ / М.Ю. Мицмахер. – М.: «Радио и связь», 1982. – 128 с.

3. Канарейкин, Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин. – М.: «Сов. Радио», 1966. – 440 с.

4. Богородский, В.В. Поляризация рассеянного и собственного радиоизлучения земных покровов / В.В. Богородский. – Л.; Гидрометеоиздат, 1981. – 279 с.

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ СО СЪЁМНЫМ КЕРНОПРИЁМНИКОМ

Думинова А.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный аграрный университет»

Бурение является одним из основных процессов в геологических исследованиях, строительстве скважин, добыче полезных ископаемых и других отраслях промышленности. Для эффективного и точного бурения необходимо использовать специализированное оборудование и инструменты. Оборудование и инструменты для бурения со съёмным керноприёмником представляют собой современное техническое решение, которое позволяет повысить эффективность и точность процесса бурения. В данной статье мы рассмотрим, что это такое и какие преимущества они предоставляют. [1]

Теория

1. Определение и принцип работы съёмного керноприёмника.

Съёмный керноприёмник (core barrel) – это специальный инструмент, используемый при бурении для сбора и сохранения образцов породы или грунта. Он представляет собой цилиндрическую трубку с внутренними керновыми головками, которые фиксируют образцы внутри себя.

Принцип работы съёмного керноприёмника заключается в его установке на конец буровой трубы, после чего он погружается в скважину и начинает бурение. При движении вниз керноприёмник проникает в грунт или породу, а керновые головки фиксируют образец. После достижения нужной глубины, он извлекается из скважины с помощью специального подъемного механизма, и керн извлекается из него для последующего анализа.

2. Компоненты съёмного керноприёмника:

– Буровая установка: это может быть стационарная или передвижная установка, которая обеспечивает механическую силу для осуществления бурения.

– Буровой стол: это рабочая платформа, на которой размещается керноприёмник и другие инструменты. Он обеспечивает удобство и безопасность при выполнении бурения.

– Керноприёмник: это специальное устройство, которое удерживает образец породы (керн) во время бурения. Он имеет съёмную конструкцию, чтобы облегчить извлечение образца после бурения.

– Буровые трубы: это длинные, цилиндрические трубы, которые используются для прокладки пути бура и извлечения керна с помощью керноприёмника. Они должны быть достаточно прочными и герметичными, чтобы выдержать давление и механическую нагрузку при бурении.

– Буровые насадки: это часть бура, которая непосредственно контактирует с породой и разрушает её. Они могут иметь различную форму и размер в зависимости от типа грунта или породы, которую вы собираетесь бурить.

– Буровые насосы: это устройства, которые создают давление и поток жидкости (бурового раствора) для смазки инструмента и удаления обрывков породы из скважины.

– Лабораторное оборудование: после извлечения образца породы с помощью керноприёмника, вам понадобится лабораторное оборудование для его анализа и тестирования. Это может включать в себя микроскопы, спектрометры, пресс-машины и другие инструменты.

Основным инструментом при использовании оборудования с съёмным керноприёмником является буровая головка, которая оснащена специальным керновым буром. Буровая головка прецизионно работает благодаря высокотехнологичным компонентам и инженерным решениям. Благодаря съёмному керноприёмнику, буровую головку можно легко и быстро менять, что упрощает процесс и повышает производительность работы.
Важным элементом оборудования для бурения с съёмным керноприёмником является система управления. Система управления позволяет не только контролировать технические параметры бурения, но и сохранять полученные данные для последующего анализа. Благодаря возможности сохранения информации о составе грунта или породы, инженеры и геологи получают ценную информацию для дальнейшего планирования и принятия решений. [2]

3. Преимущества использования съёмного керноприёмника:

– Высокое качество образцов: благодаря специальному механизму фиксации образцы съёмного керноприёмника остаются нетронутыми во время подъема на поверхность. Это обеспечивает надежность получаемых данных о грунте или породе.

– Высокая точность: возможность получения точной информации о составе грунта или породы на месте работы. Это позволяет проводить глубокий анализ и исследование проблемных участков для принятия правильных инженерных и геологических решений.

– Экономия времени и ресурсов: съёмный керноприёмник позволяет быстро и эффективно извлекать керн из скважины, что сокращает время и затраты на бурение.

– Возможность повторного использования: съёмный керноприёмник можно использовать многократно, что делает его экономически выгодным в долгосрочной перспективе.

– Удобство использования: съёмные керноприёмники обычно легкие и простые в установке и снятии. Это позволяет сократить время и усилия, потраченные на бурение.

– Эффективность: использование керноприёмника позволяет проводить исследования без прерывания процесса бурения. Это экономит время и средства, так как образцы можно собирать одновременно с бурением. [4]

4. Применение съёмного керноприёмника:

– Геологические исследования: съёмный керноприёмник используется для получения образцов грунта или породы для анализа и изучения их состава, структуры и свойств.

– Строительство скважин: съёмный керноприёмник позволяет контролировать качество и геологические характеристики скважины, что важно для безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых.

– Нефтегазовая промышленность: съёмный керноприёмник используется для исследования и оценки запасов нефти и газа в подземных пластах.

5. Факторы следует учитывать при выборе съёмного керноприёмника:

– Тип грунта или породы: некоторые съёмные керноприёмники могут быть лучше приспособлены для определенных типов грунта или породы. Необходимо выбрать приемник, который наилучшим образом подходит для предполагаемого исследования.

– Глубина и диаметр скважины: съёмные керноприёмники доступны в различных размерах и конфигурациях. Необходимо выбрать тот, который соответствует требуемой глубине и диаметру скважины.

– Бюджет: стоимость съёмного керноприёмника может варьироваться в зависимости от его качества, размера и других характеристик. Необходимо учесть свой бюджет при выборе соответствующего приемника. [3]

Основная часть

Одним из представителей оборудования для бурения со съёмным керноприёмником является комплекс технических средств со съёмными снарядами КССК-76. Он предназначен для бурения скважин алмазными коронками диаметром 76 мм. В состав КССК-76 входит набор колонковый НК-76, который в свою очередь состоит из наружного корпуса и снаряда съемного (СС).

Рассмотрим узлы, которые входят в состав СС:

1) Узел блокировки. Данный узел обеспечивает надежную фиксацию снаряда в наружном корпусе, а также обеспечивает подачу сигнала готовности к бурению. Блокировка содержит в себе: корпус, блокирующие элементы (ролики, подпружиненные относительно втулки, установленные на штифтах), сигнализирующие элементы (пружинные кольца, штифты, поворотная головка), крышку.

2) Подвеска. Она обеспечивает неподвижность керноприёмника в процессе бурения. Подвеска состоит из: переходников, подшипников, вала, корпуса, пружины и полукольца.

3) Керноприёмник. Предназначен для приёма, отрыва и транспортировки кёрна. Керноприёмник состоит из: приёмной трубы, переходника, корпуса, клапана, стопорного и рвательного кольца.

3D модель снаряда съемного показана на рисунке 1.

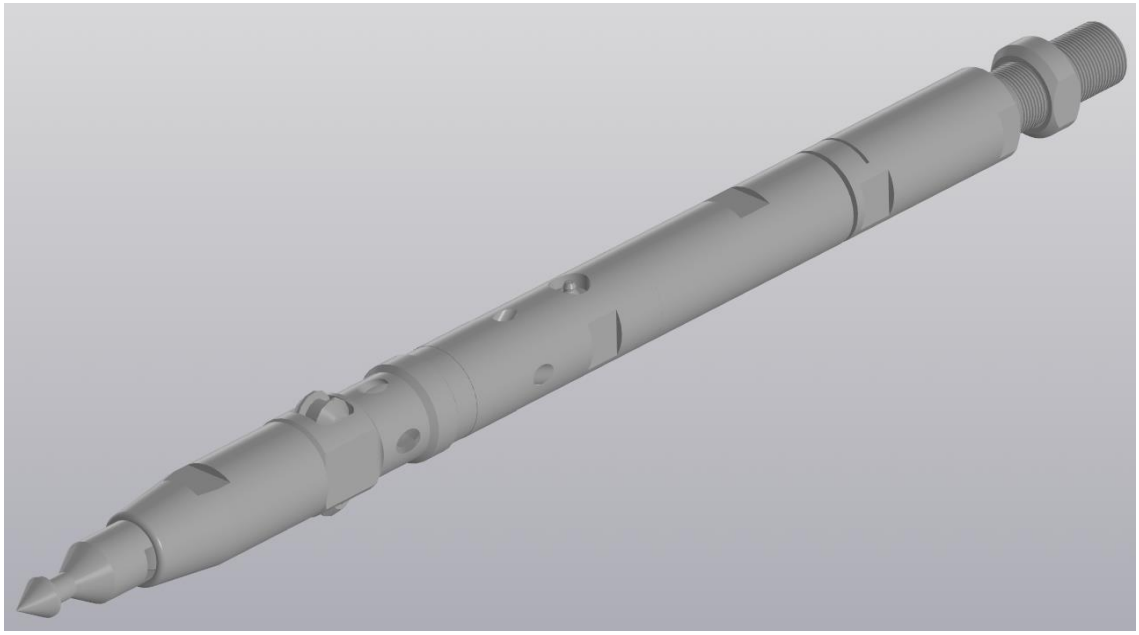


Рисунок 1 – 3D модель снаряда съемного.

В ходе анализа конструкционной модели СС было выявлено, что узел блокировка, 3D модель которого представлена на рисунке 2, имеет существенный недостаток: при транспортировке блокирующие элементы могут выпасть. Конструкция в таком исполнении не безопасна.

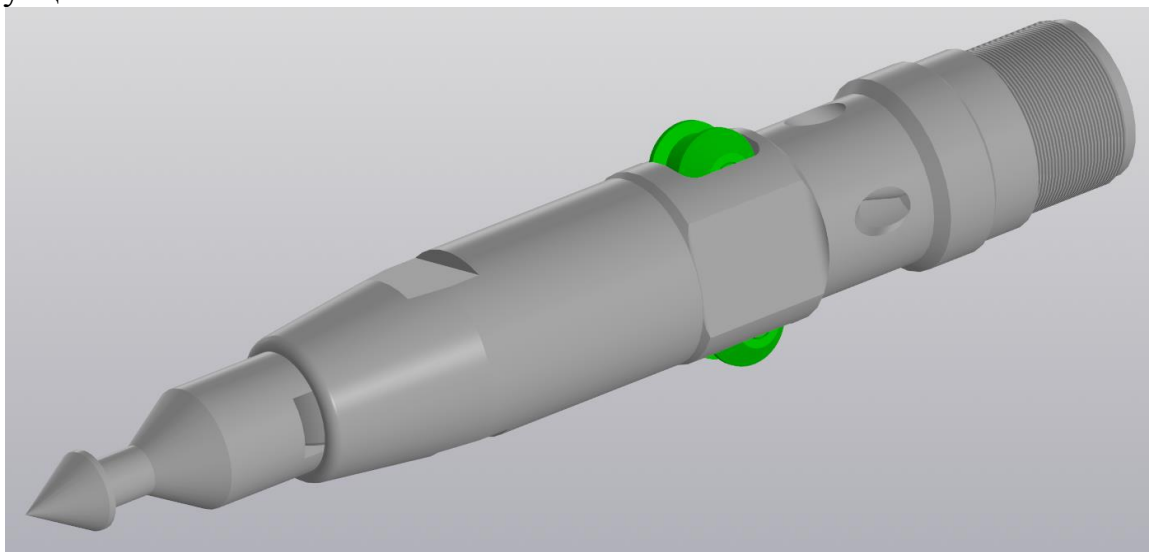


Рисунок 2 – 3D модель узла блокировки.

На основании изучения аналитических данных ведущих производителей разработана модернизированная конструкция блокировки СС.

Так как блокирующие элементы никак не закреплены в корпусе, было принято решение заменить ролики и втулки, которые установлены на штифтах, на подшипниковые шарики, которые будут иметь фиксацию в виде крышки. Соответственно, в процессе изменения блокирующих элементов, так же была изменена крышка съёмного снаряда, а также разработана новая деталь – фиксирующая крышка, которая будет закреплена тремя болтами.

3D модель модернизированной части узла блокировка представлена на рисунке 3.

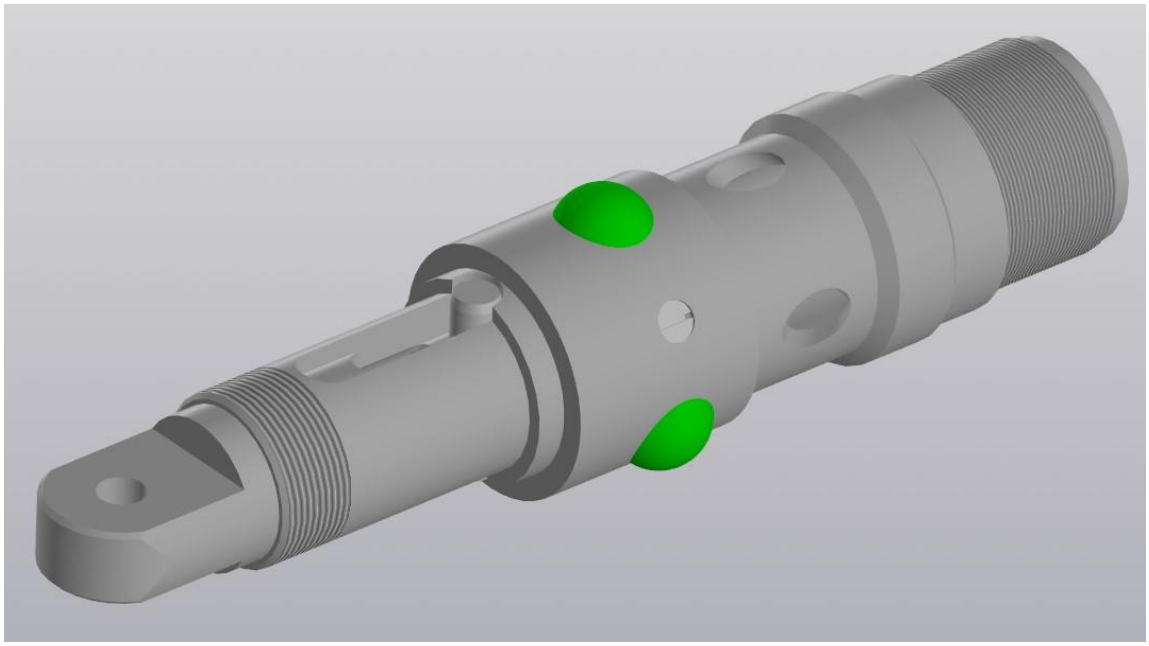


Рисунок 3 – Модернизированная 3D модель части узла блокировка.

Данная модернизация поможет предотвратить выпадение блокирующих элементов при транспортировке, что повысит уровень безопасности конструкции снаряда съёмного.

Заключение

Съёмный керноприёмник является важным высокотехнологичным оборудованием для бурения, который позволяет собирать и сохранять качественные образцы грунта или породы для анализа и исследования. Его использование обеспечивает высокую точность и эффективность процесса бурения, а также экономию времени и ресурсов. В дальнейшем развитии данной области можно ожидать улучшения и совершенствования съёмных керноприёмников для более точного и эффективного бурения.

Список литературы

1. Подоляк, А. В. Современное состояние технологии изготовления алмазного инструмента для бурения геологоразведочных скважин / А. В. Подоляк, Д. П. Цимбалистый // StudNet. – 2022. – № 3. – С. 1462-1471.

2. Григорьев, М. С. Колонковый метод бурения: особенности и его применение / М. С. Григорьев // Достижения науки и образования. – 2022. – № 2. – С. 132-134.

3. Мышов, А.Н. Основные параметры проектирования режимов бурения / А. Н Мышов // Вестник науки. – 2023. – № 2. – С. 202-205.

4. Сериков, Ш. М. Оборудование для бурения скважин переменного диаметра / Ш. М. Сериков, А. С. Кадыров, Ж. Ж. Жунусбекова, З. А. Мулдагалиев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 3. – С. 128-133.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ

Егоров В.В., Овечкин М.В., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация процессов лазерного раскроя является актуальной темой с современном мире. Процесс лазерного раскроя отнимает большое количество времени, поэтому очень важно этот процесс автоматизировать, чтобы в результате сэкономить затрачиваемое время и увеличить объемы производства. Способы автоматизации лазерного раскроя важны как для крупных производственных предприятий, так и для частного использования лазерного станка. В этой работе будут рассмотрены основные причины актуальности данной темы.

Пример датчика для автоматизации лазерного станка показан на рисунке 1.

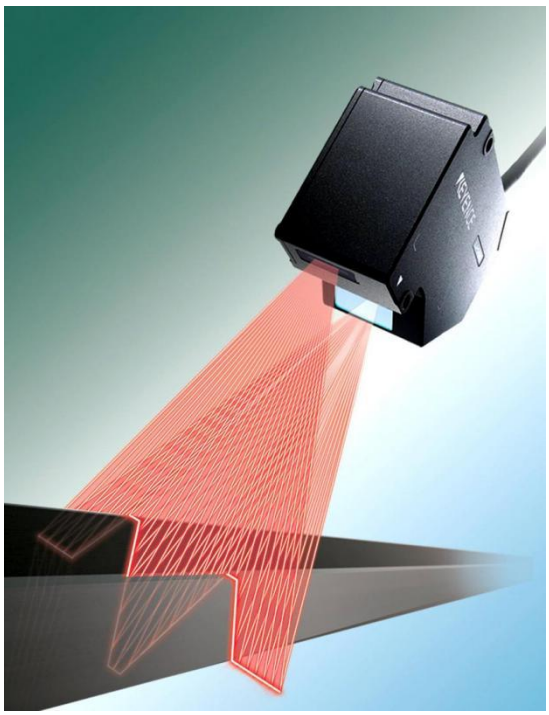


Рисунок 1 – Пример датчика для измерения материала

Первое и самое важное преимущество автоматизации процессов лазерного раскроя путём установки лазерного датчика с функцией измерения толщины материала – это повышение эффективности лазерного раскроя и сокращение времени изготовления деталей. Большое количество времени уходит именно на настройку мощности и частоты лазера на станке, эти факторы зависят именно от толщины лазера, и проблема заключается именно в этом. Чаще всего производители материалов указывают толщину материалов не точную,

что в результате сказывается на скорости изготовления, поскольку даже неточность в 0.1 мм может сказаться на качестве изготовки детали и соответственно количество времени для подбора оптимальных настроек лазерного станка увеличивается. Но даже если погрешности как таковой нет, проблема на больших предприятиях остается, увеличивается время производства, если материалов с разной толщиной слишком много [1].

Второе преимущество – экономия расходуемого материала. Проблема отсутствия датчика по измерению толщины материалы сказывается на не только на качестве резки, но и на затратах материала. Если толщина материала измерена неверно, то это приведет к увеличению издержек производства. При точном контроле толщины материала лазерный станок может резать с минимальными потерями. В результате, установка датчика по измерению толщины материала для автоматизации процессов лазерного раскроя приведет к экономии сырья и сокращению брака на производстве при изготовлении изделий. Пример испорченного изделия по причине неправильно выставленной мощности на основании измерения материала представлено на рисунке 2.

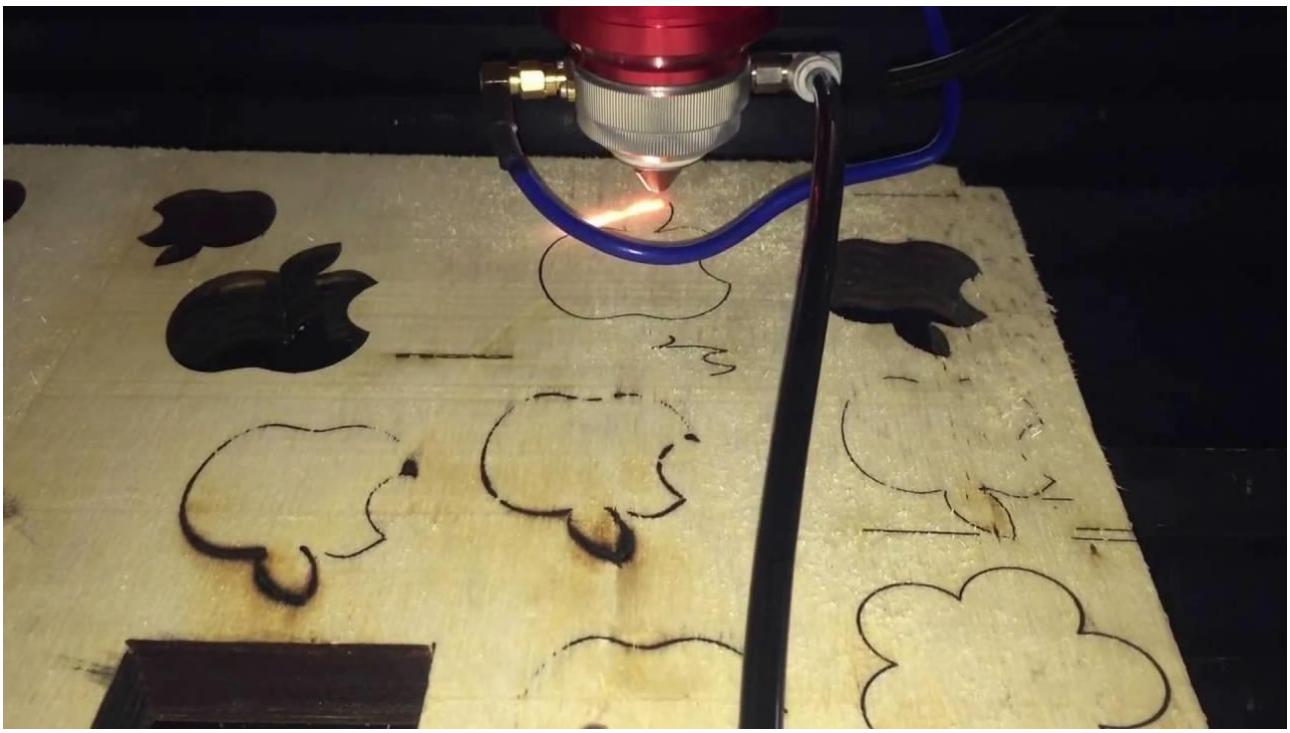


Рисунок 2 – Пример испорченного изделия

Третье преимущество – улучшенная точность и качество резки. Внедренный в лазерный станок датчик измерения толщины материала позволяет правильно выставлять мощность и частоту лазера, что в результате даёт качественную и точную готовую деталь. Благодаря чему в итоге на выходе получается готовый продукт с отсутствием дефектов [2].

Четвертое преимущество – потенциал на будущее улучшение лазерного станка посредством доработки программного обеспечения. При доработке

программного обеспечения под лазерный станок с целью создания зависимости мощности лазера от толщины измеряемого материала при помощи датчика измерения сокращается время перенастройки оборудования, и соответственно повышается общая производительность процесса.

Пятое преимущество – оптимизация скорости резки. В зависимости от толщины материала, на лазерном станке помимо мощности можно увеличить и скорость лазера. При грамотной настройке скорости лазера, заранее рассчитав мощность на основании толщины материала, измеренном датчиком, есть возможность сократить время изготовления детали, в результате добившись оптимизации производства [3].

Шестое преимущество – увеличение срока службы лазерного станка. При работе со станком на высокой мощности соответственно снижается срок эксплуатации лазерного станка. Чтобы увеличить срок работы станка, нужно выставлять ту мощность, которая необходима, зная толщину материала, можно избежать избыточное потребление мощности, выставив те параметры, которые необходимы для раскроя материала определенной толщины [4].

Таким образом, автоматизация процессов лазерного раскроя является актуальной как сегодня, так и в будущем. Благодаря улучшению лазерного станка при помощи датчика расстояния, предназначенного для измерения толщины материала, сокращается затрачиваемое время, увеличивается эффективность лазерной резки, экономится используемый материал по причине снижения испорченного материала, оптимизируется скорость резки, а также даёт возможность улучшения лазерного станка в будущем путем доработки программного обеспечения станка. Лазерные станки до сих пор пользуются огромным спросом в производстве, именно поэтому важно автоматизировать процесс изготовки для улучшения производства.

Список литературы

1 Григорьян, А.Г. Лазерная резка металлов. Книга 7 / А.Г. Григорян, А.А. Соколов. – Москва, 2021. – 102 с.

2 Современные технологии: лазерная резка [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://remontyes.ru/3823-sovremennye-tehnologii-lazernaya-rezka.html – (дата обращения: 06.01.2024).

3 Топ 15 ошибок на лазерном станке [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://lasercut.ru/blog/top-15-oshibok-na-lazernom-stanke-video/#wrong – (дата обращения: 05.01.2024).

4 Шарапов, Е.С. Мир электроники. Датчики / Е.С. Шарапов, Е.С Полищук. – М: Мир электроники, 2013. – 367 с.

РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИИ

Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С.
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Понимание термина «искусственный интеллект (ИИ)» в настоящее время принимает очень широкое значение. Например, Джон Маккарти в своей статье 2004 года предлагает следующее определение: «Это наука и техника создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальные компьютерные программы. Это связано с аналогичной задачей использования компьютеров для понимания человеческого интеллекта, но ИИ не должен ограничиваться биологически наблюдаемыми методами» [1]. А Стюарт Рассел и Питер Норвиг приступили к публикации книги « Искусственный интеллект: современный подход» [2]. В ней они вникают в четыре потенциальных понятия искусственного интеллекта, который распознает цифровые системы на основе рациональности и мировосприятия от действий как человеческий подход: Программы которые размышляют как люди и Системы которые действуют как люди. Со стороны же идеального подхода системы которые мыслят логически и системы которые действуют разумно [2].

В современной энциклопедии, искусственный интеллект описывается как раздел информатики, в котором разрабатываются методы и средства моделирования и воспроизведения с помощью ЭВМ отдельных интеллектуальных действий человека (восприятие подразумевает - информацию, элементы рассуждения и др.) [3]. Искусственный интеллект применяется для создания интеллектуальных систем, таких как экспертные системы и базы знаний. Он также используется для решения задач «машинного зрения», таких как ориентирование в пространстве, распознавание образов и анализ ситуации. Кроме того, искусственный интеллект применяется в сложных системах обработки информации, известных как компьютеры пятого поколения.

Применение искусственного интеллекта охватывает разнообразные области:

- В области здравоохранения он используется для определения методов лечения, определения дозировки лекарств и помощи в диагностике. - В финансовой сфере искусственный интеллект применяется в использовании дебетовых карт и управлении крупными депозитами на счетах, что помогает банковским учреждениям бороться с мошенничеством. - Также искусственный интеллект используется в компьютерных программах, способных играть, например, в шахматы. Применение искусственного интеллекта представлено на рисунке 1.

Мировой рынок ИИ быстро развивается. Во время наложенных санкций на Россию, разработки в данном направлении является приоритетным. В ноябре 2023 года в ЦМТ Москвы прошла Международная конференция по искусственному интеллекту и машинному обучению AI Journey 2023.

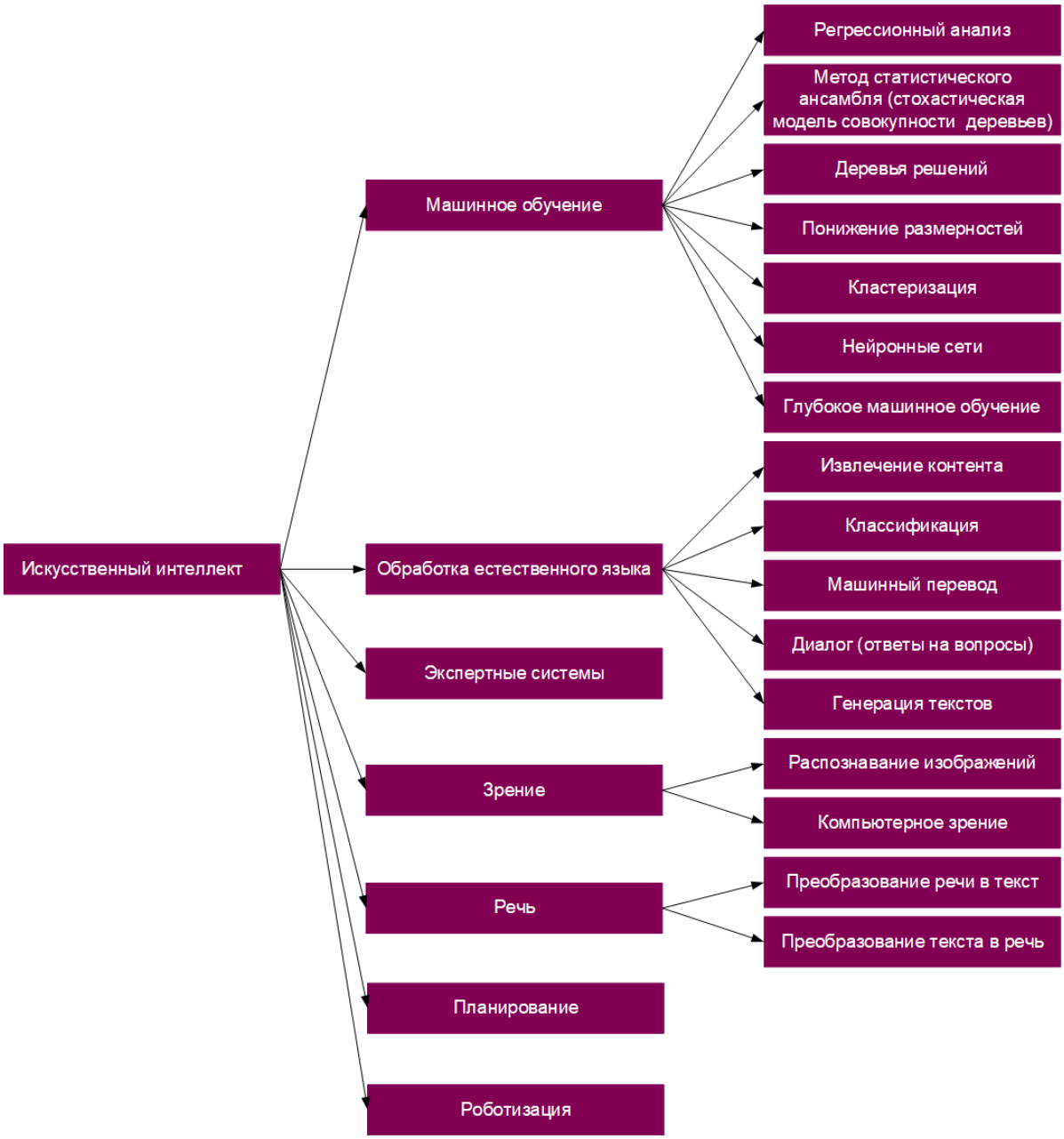


Рисунок 1 – Применение искусственного интеллекта

В 2023 году, по прогнозам IDC (International Data Corporation), мировой объем инвестиций в ИИ достиг 154 млрд. долл., а к 2026 году достигнет 300 млрд. В этом году из 36 сфер применения ИИ, наиболее распространены интеллектуальные боты для обслуживания клиентов, платформы для изучения продаж и рынков и сервисы с рекомендациями. Также большие финансовые вложения направляются в разработку технологий для улучшения ИТ-инфраструктуры, анализа киберрисков и противодействия мошенничеству. В развитых странах активно поддерживают развитие новаторских идей. В России утверждена Дорожная карта правительства «Развитие высокотехнологичного направления «Искусственный интеллект» на период до 2030 г.», согласно которой, с 2023 г. ведомства отчитываются перед кабмином о внедрении решений

на основе ИИ. План Дорожной карты «Развитие высокотехнологичного направления «Искусственный интеллект» на период до 2030 года» был утвержден в конце декабря 2022. На рисунке 2 показаны уровни использования искусственных технологий в различных сегментах финансового рынка.

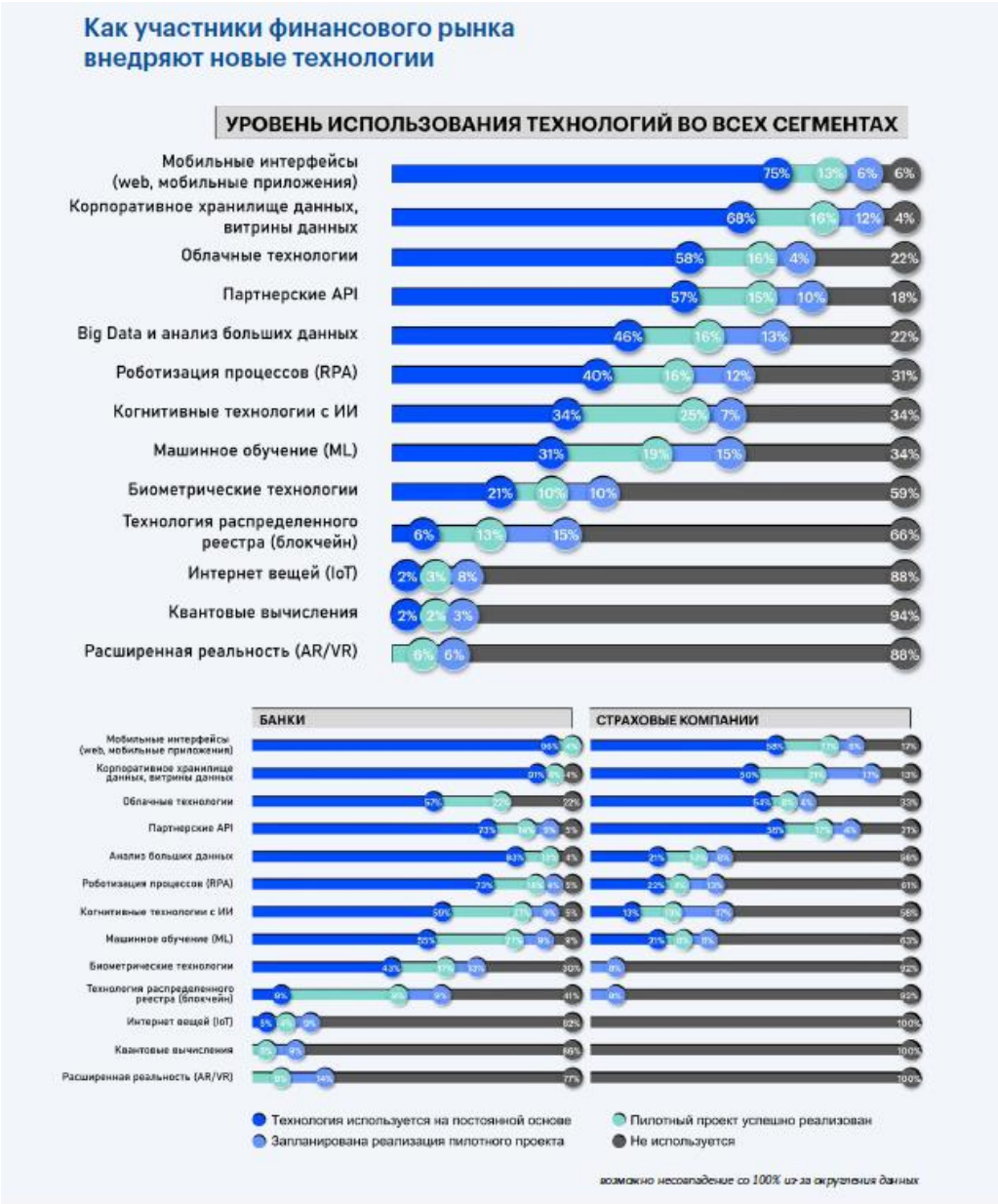


Рисунок 2 – Сегменты использования искусственных технологий на финансовом рынке

В январе 2023 г. вице-премьер Правительства РФ Дмитрий Чернышенко подписал соглашение с исполнителями, в числе которых 30 фондов, вузов и органов власти. Согласно документу, развитие технологий ИИ в России будет происходить по 4 направлениям: обработка естественного языка и синтез речи, компьютерное зрение, перспективные методы искусственного интеллекта, интеллектуальная поддержка принятия решений. Выступая на ПМЭФ 2023,

Дмитрий Чернышенко отметил, что Президент России неслучайно каждый год проводит конференции по искусственному интеллекту, где дает «очень существенные поручения» по развитию технологии [4].

В век цифровых технологий, применения аддитивных технологий, разработка и развитие искусственного интеллекта помогает человеку принимать более обоснованные решения, проводить глубокий анализ данных, что повышает и улучшает взаимодействие человека и «машины».

Список литературы

1 Что такое искусственный интеллект? Джон Маккарти Факультет компьютерных наук Стэнфордский университет Стэнфорд, Калифорния 94305.– URL: https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf (дата обращения: 14.01.2024). – Текст : электронный.

2 Искусственный интеллект, Современный подход, Рассел С., Норвиг П., 2007. – URL: https://djvu.online/file/yYvRRPzYzppds (дата обращения: 14.01.2024). – Текст : электронный.

3 Искусственный интеллект: современная энциклопедия. url: https://my-dict.ru/dic/sovremennaya-enciklopediya/200899-iskusstvennyy-intellekt/ (дата обращения: 13.01.2024). – текст : электронный.

4 О развитии искусственного интеллекта в России 2023. ПАО «ЦМТ». – https://wtcmoscow.ru/company/news/2308/ (дата обращения: 13.01.2024). – текст : электронный.

5 Искусственный интеллект (рынок России) TADVISER. Государство. Бизнес. Технологии. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 13.01.2024). – Текст : электронный.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Еремеев М.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Система пожарной сигнализации (СПС) – это система, состоящая из сигнально-извещательных устройств, которые автоматически обнаруживают и передают информацию о пожаре, а также приемники пожарной сигнализации и приемники повреждений сигналы. Системы пожарной сигнализации функционируют в различных условиях окружающей среды. Во время работы они должен быть в хорошей физической форме [1]. Это определяется надежностью собираемых агрегатов и рациональностью управления операционным процессом. Поэтому надежность и эксплуатационный анализ системы пожарной сигнализации имеет важное значение.

Существуют три основных вида систем пожарной сигнализации, различаемых по способу генерации сигналов: неадресные, адресные и адресно-аналоговые [2].

Эти системы функционируют на основе бинарной логики, которая разделяет состояния на "норма" и "сработка". Они характеризуются низкой стоимостью благодаря использованию единственного шлейфа передачи данных, при котором невозможно точно определить место возгорания (при поступлении сигнала от одного из датчиков система не может точно определить, с какого именно датчика поступил сигнал). При обнаружении дыма, повышении температуры или возгорании сигнал от датчика передается на контрольный блок. Контроллер решает логическую задачу: "температура/задымление/возгорание переходят ли пороговые значения срабатывания", и в случае положительного ответа активируется сигнализация в соответствии с предварительно установленными параметрами. В противном случае блок остается в пассивном состоянии. Ниже приведены основные подвиды таких систем.

Адресные системы пожарной сигнализации отличаются от других тем, что они способны идентифицировать каждый датчик по отдельности, что обеспечивает возможность контроля каждой зоны объекта отдельно. Однако у таких систем есть существенный недостаток — они имеют более длительное время срабатывания сигнализации. Интерактивные адресные системы способны регулировать чувствительность датчиков, но в остальном они аналогичны обычным адресным системам.

Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации, представленные, например, моделями АУПС и АУПТ, оперируют путем передачи текущих значений датчиков на центральный контрольный узел. Следующим шагом является выполнение расчетов контроллером, который сопоставляет полученные значения с соответствующими статистическими данными.

Эти системы обладают также функцией самодиагностики, что значительно повышает их степень надежности и продлевает срок службы. В адресно-аналоговых системах применяются компоненты высокого качества, обусловленное повышенными требованиями к ним. Преимущества данного типа систем включают в себя оптимальное соотношение цены и качества, высокую скорость реакции, минимизацию ложных срабатываний и высокую степень надежности.

Радиоканальная СПС, еще один подвид адресно-аналоговых систем, обладает аналогичными эксплуатационными характеристиками и работает по тому же принципу. Основное различие заключается в механизме передачи информации от периферийных устройств к приемно-контрольному прибору, который в данном случае осуществляется посредством радиосигнала. Эти системы представляют собой высокозатратные решения, и их применение оправдано только в ситуациях, где прокладка кабельных трасс невозможна, таких как исторические здания, музеи, помещения с элитным ремонтом и подобные объекты [3].

В настоящее время требуется оснащение офисных и промышленных зданий современными комплексными системами безопасности. Эти системы, в свою очередь, включают в себя не только подсистемы охранной и пожарной сигнализации, но также интегрируют систему контроля и управления доступом. Проектирование и внедрение таких систем подчинено высоким стандартам, установленным нормативными актами. Главной целью этих подсистем является обеспечение оперативного выявления чрезвычайных ситуаций на объектах, гарантирование безопасности жизни и здоровья людей, а также предотвращение существенных материальных убытков.

Система автоматизированного проектирования (САПР) для пожарной сигнализации представляет собой комплекс программных средств, созданных с целью оптимизации и упрощения процессов проектирования пожарных систем [4]. Данные программы осуществляют множество функций, что в результате уменьшает трудозатраты инженеров и повышает эффективность проектирования. Приведены ключевые аспекты и функции данной системы:

1 Автоматическая расстановка извещателей:

– САПР в автоматизированном режиме позволяет размещать пожарные извещатели в соответствии с параметрами, предписанными нормативами и стандартами.

– Алгоритмы учёта факторов, таких как геометрические характеристики помещений, определение опасных зон, а также расстояний между извещателями, включены в функционал системы.

2 Графическое представление:

– Создание графического отображения пожарной системы на планах зданий, применяя графические инструменты САПР.

– Обеспечение наглядного представления о распределении извещателей, оповещателей и других элементов системы в пространстве.

3 Расчёт мощности и зон оповещения:

– Автоматический расчёт мощности для громкоговорителей и оповещателей, исходя из требований стандартов и нормативов.

– Определение областей оповещения, учитывая структуру здания и характеристики звукоизлучения устройств.

4 Учёт особенностей помещений:

– Адаптация проектирования к конкретным особенностям помещений, включая форму, высоту потолков, материалы стен и иные параметры.

– Система принимает во внимание индивидуальные особенности каждого помещения для оптимальной конфигурации системы.

5 Интеграция с базами данных и стандартами:

– Взаимодействие с базами данных нормативов и стандартов для обеспечения актуальности используемой информации.

– Гарантия соответствия проекта требованиям существующих пожарных норм и правил.

6 Возможность анализа и оптимизации:

– Предоставление инструментов для системного анализа эффективности, а также возможности оптимизации проекта.

– Система позволяет быстро реагировать на изменения в проекте и вносить коррективы с уменьшением усилий.

7 Экономия времени и ресурсов:

– Автоматизация процессов, что приводит к существенному сокращению времени, затрачиваемого на проектирование пожарных систем.

– Минимизация вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором, и повышение точности проекта.

– Системы автоматизированного проектирования пожарной сигнализации предоставляют значительные преимущества, обеспечивая эффективность и точность в процессе проектирования систем безопасности.

Список литературы

1 Синилов, В. Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации [Текст] : учебник для нач. проф. образования / В. Г. Синилов. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 512 с.

2 Любимова, М.М. Пожарная и охранно-пожарная сигнализация. Проектирование, монтаж, эксплуатация и обслуживание [Текст] : справ. пособие / М.М. Любимова. — М. : ПожКнига, 2010. -336 с.

3 Бурькова, Е.В. Системы охранно-пожарной сигнализации [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. В. Бурькова; — Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 134 с.

4 Собурь, С.В. Установки пожарной сигнализации. [Текст] / учебное пособие. / С.В. Собурь. — М. : ПожКнига, 2012. – 296с.

ВЫБОР ДАТЧИКА УРОВНЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА АО «КумАПП»

Загидуллина А.У.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Соответствие санитарно-техническим нормам при эксплуатации сточных вод очистных установок подразумевает минимальное взаимодействие жидкости с другими элементами и растворами. Для этой цели можно использовать ультразвуковой акустический уровнемер.

В акустических или ультразвуковых уровнемерах осуществляется отражение ультразвуковых колебаний от плоскости раздела между жидкостью и газом. Принцип работы уровнемеров данного типа основан на измерении времени, которое требуется ультразвуковому импульсу для прохода от излучателя до поверхности жидкости и обратно. Акустический уровнемер предназначен для бесконтактного автоматического дистанционного измерения уровня жидких сред, включая взрывоопасные, агрессивные, вязкие, неоднородные, осадочные и сыпучие материалы с диаметром гранул и кусков от 5 до 300 мм, при температуре контролируемой среды от -30 °С до +120 °С.

Технические характеристики ультразвукового уровнемера Easytrek:

- Температурная компенсация с помощью встроенного термодатчика;
- Обработка сигнала с использованием программного обеспечения Quest+;
- Корпус/ излучатель из PP, PVDF (фторопласта);
- Вторичная грозозащита: HART;
- Мощный релейный выход (четырехпроводной);
- Взрывозащищенные модели;
- Выходной сигнал 4…20 мА;
- Протокол преобразователя: Ethernet;
- Полный срок службы датчика до списания - 5 лет;
- Средний срок службы модификаций датчиков для контроля высокоагрессивных сред - 3 года;

Стоимость - 40475 рублей.

Для сравнения рассмотрим ультразвуковой уровнемер Echo-AS-01. Технические характеристики:

- напряжение питания по двухпроводной линии 36 В, четырехпроводной линии - 40 В;
- температура процесса - 30° С до +90° С;
- температура окружающей среды - 30 ° С до + 80° С;
- давление 0,3 до 3 бар;

– диапазон измерения 0,2…15 м;
– выходной сигнал 4…20 мА, релейный, HART;
– степень защиты IP 68;
– протокол преобразователя RS232, RS485, Ethernet;
– при отключении напряжения питания датчик сохраняет накопленную информацию не менее 12 месяцев;
– полный срок службы датчика до списания – 12 лет;
– средний срок службы модификаций датчиков для контроля высокоагрессивных сред – 6 лет.

Устройство Echo-AS-01 основано на использовании звуковых импульсов для определения уровня, проходящих через газовую среду и отражающихся от границы раздела "газ - измеряемая среда". Echo-AS-01 представляет собой аппаратный преобразователь звука и измерительный блок BI-1, выпускаемый в пылеводозащищенном исполнении. Аппаратный преобразователь имеет несколько модификаций для различных эксплуатационных условий. (рис. 1).

Рисунок 1 – Ультразвуковой уровнемер ЭХО – АС – 01

Echo-AS-01 имеет жидкокристаллический дисплей, на который выводится следующая информация:
- текущие значения измеряемых величин;
- уровня в процентах и метрах;
- объема контролируемого вещества в резервуаре;
- расстояния до объекта;
- содержимое архивов;
- диагностические сообщения о неисправностях.
- передача данных через модем.

Echo-AS-01 монтируется в верхней части резервуара воды, калибруется [1].

Echo-AS-01 устанавливается в верхней части резервуара воды и калибруется.

Для контроля уровня жидкости в резервуарах, баках или приямках применяют датчики-реле уровня типа РОС.

С их помощью можно легко организовать многоуровневую схему

контроля (опустошение емкости, предупреждение о переполнении, аварийный останов при переполнении или т.п.). Конструкция датчика-реле типа РОС очень проста: металлический контрольный электрод из нержавеющей стали 12Х18Н10Т запрессован в изолирующую втулку (рис. 2). Изолирующая втулка, в свою очередь, запрессована в металлическую оправу с резьбой. Один конец контрольного электрода размещается на нужном расстоянии от дна резервуара. Ко второму концу электрода (с нарезанной резьбой и накрученными гайками) присоединяется провод, соединяющий электрод с входом блока сигнализации. Как только уровень жидкости достигает свободного конца электрода, происходит замыкание цепи «контрольный электрод – земля» и срабатывает реле в блоке сигнализации. Роль земляного контакта выполняет либо один из электродов (как правило, самый длинный), либо стенка металлического резервуара, либо металлическая полоса на дне неметаллического резервуара. В любом случае, земляной контакт должен быть заземлен и соединен с входом «нейтраль» блока сигнализации РОС.

Рисунок 2 – Внешний вид датчика типа РОС

Длина свободного конца контрольного электрода может быть от 10 см (при горизонтальном монтаже) до 5 метров (при вертикальном монтаже) или даже 10 метров (тросовый электрод при вертикальном монтаже). При вертикальном монтаже датчиков на крышке резервуара расстояние между отверстиями для крепления датчиков должно быть не менее 60мм, для исключения взаимного влияния электродов друг на друга. В случае если датчики с контрольными электродами длиной свыше 60 см монтируются на резервуарах, в которых имеется сильное волнение жидкости, то необходимо дополнительно зафиксировать нижнюю часть электрода. Фиксацию нижней части электрода можно выполнить с помощью изолирующих распорок, либо предусмотреть защиту электрода демпфирующим устройством (токонепроводящая перфорированная труба, решетка и т.д.).

Датчики – реле уровня РОС - 102, РОС - 102И Государственной системы промышленных товаров (ГСП) предназначен для контроля двух независимых предельных уровней электропроводных и неэлектропроводных жидкостей, твёрдых (кускообразных) сред, зерна и продуктов его размола, сжиженных

газов, а также раздела сред: вода-светлые нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы-вода и других жидкостей с резко отличающимися диэлектрическими проницаемостями. Датчике – реле с помощью регулирующего элемента в первичном преобразователе обеспечивается установка уровня срабатывания в пределах рабочей зоны чувствительного элемента [3].

Технические характеристики датчика РОС -121 представлены в таблице 1

Таблица 1 - Технические характеристики датчика РОС -121

Параметры	Величина
Конструктивное исполнение	Стержневой изолированный
Длина погружаемой части, м	0,1; 0,25; 0,6;1,0; 1,6; 2,0
Физическое состояние, электрические свойства	Жидкая, сыпучая, электропроводная
Температура, ° С	от - 100 до+ 250
Рабочее давление, МПа	2,5
Напряжение переменного тока, В	220
Частота переменного тока, Гц	50
Потребляемая мощность, В·А,	7

Принцип действия прибора основан на изменении частоты автогенератора, входящего в состав ПП. Частота генерации зависит от значения величины емкости ЧЭ при его взаимодействии с контролируемой средой. Изменение частоты преобразуется в перепад тока, который в виде релейного сигнала подается в систему управления.[2]

В результате анализа технических параметров выбираем ультразвуковой уровнемер типа ЭХО-АС-01, который удовлетворяет условиям эксплуатации.

Список литературы

1. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование / Под ред. проф. В.Н. Кудрявцева – Изд. 2-е, перераб. и доп.; М.: «Глобус», 2005. – 240 с.

2. Гамбург Ю. Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.

3. http://www.urovnemers.ru/tech/eho-as-01-sh.pdf - Датчики (дата обращения 07.01.2024).

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ ПАЙКИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Захаров И.С., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

С целью повышения эффективности производственных процессов авиационно-космического машиностроения в настоящее время активно развивается направление математических методов моделирования [1]. Адаптация предприятия к реальным условиям рынка и действующей экономической ситуации необходимое требование при решении задачей планирования. Проработка и выпуск планового задания, со 100% загрузкой мощностей предприятия, невозможно без разработки алгоритмов, учитывающих факторы и математические модели внештатных ситуаций и особенностей каждого процесса в частности. Проектирование типового эталонного технологического процесса пайки трехслойной конструкции, в условиях серийного производства, является нерешённой задачей, от решения которой напрямую зависит качество продукции при выполнении однотипных операций [3]. Кроме того решение задачи по составлению эталонного технологического процесса ведёт к повышению надежности за счет обработанности процесса и стабильности получаемых результатов, а так же выявления узких мест технологии пайки с возможностью их устранения на этапе проектирования и отработки [9].

Главная задача проектирования, определяющая техническую проблему по созданию и изучению объекта исследования, проявляется в создании узконаправленных алгоритмов и программ, отражающих методику проектирования процессов пайки.

Рисунок 1, графически отображает общий алгоритм решения поставленной задачи. Перебирая исходные данные при вводе в модель конструктор, учитывая обратную связь в модели, итерационным методом получает необходимые характеристики объекта проектирования. При достижении экстремума целевой функции F(X) происходит оптимизация технического решения или проектного решения. При этом вычисляется экстремум количественного показателя проектируемого объекта.

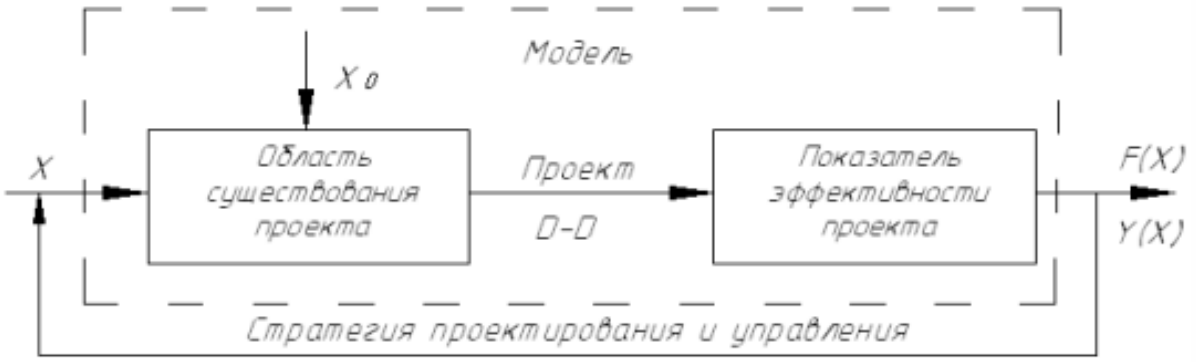


Рисунок 1 — Общая схема алгоритма решения задачи

Разработка технологического процесса пайки заключается в выборе способа пайки, припоя и вспомогательных материалов, расчете режимов и определения условий протекания процесса, а также вспомогательных технологических этапов, обеспечивающих требуемое качество паяных соединений, надежности, долговечности и необходимые технико-экономические показатели. Техническое задание (ТЗ) на написание технологического процесса устанавливает перечень и диапазон необходимых значений показателей качества паяного соединения в виде технических требований (ТТ) на основании требований заложенных в конструкторской документации на изделие.

В отношении паяных соединений в ТЗ закладываются требования по допустимым дефектам паяных соединений, геометрическим характеристикам и механическим свойствам различных зон паяного соединения, требования по термической обработки изделия после пайки, допустимые отклонения геометрических размеров изделия после пайки, а так же технико-экономическим показателям и другим требованиям, отражающим специфику конкретного производства таким как производственные мощности, санитарно-гигиенические нормы, требования к квалификации исполнителей, требования по безопасности и охране окружающей среды и так далее.

В основу проектирования необходимо закладывать принцип оптимизации - выбора наилучшего по какому-либо набору критериев варианта из всех допустимых по ТЗ решений, с учетом компромиссов между различными показателями [1, 3, 5, 10]. Для компьютерного моделирования необходима формализация объекта исследования в виде математической модели (ММ), постановки функции цели и выбор метода решения задачи.

Математическая модель вида Y = M(X) является математическим аналогом реального объекта исследования. Оператором M является система технологических операций, описывающая численные и логические отношения между вектором входных параметров X и вектором выходных параметров Y, с учетом действующих возмущений, рисунок 2

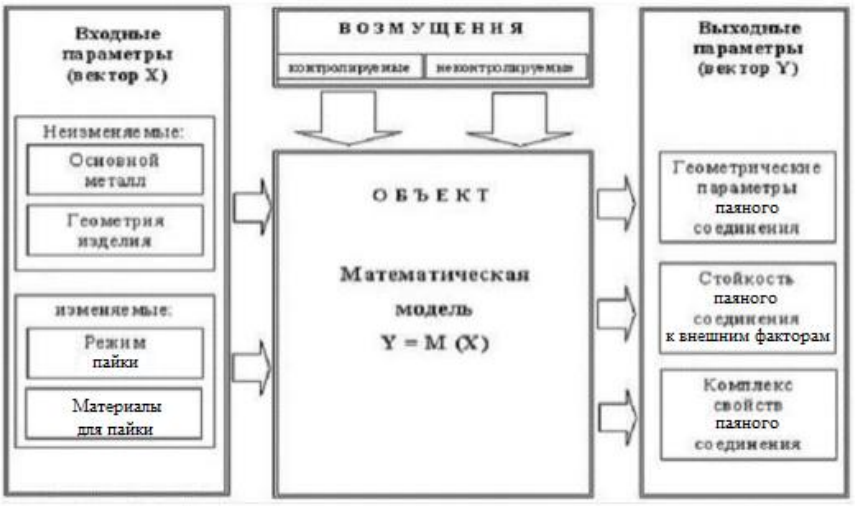


Рисунок 2 — Технологический процесс пайки как объект проектирования

Такие модели решают задачи анализа, т.е. дают возможность определять параметры Y при заданном наборе значений параметров X. Корректность анализа определяется степенью идентичности модели исследования к реальному исследуемому объекту.

Оптимизация заключается в расчете наивыгоднейших технологических параметров пайки. Комплексный подход к процессу пайки позволяет формировать набор параметров, охватывающий все сферы проектирования.

Принцип оптимальности разработки технологического процесса пайки сводится к следующему:

1 Необходимо определить значения вводных параметров (вектор X), которые обеспечивают наилучшую эффективность процесса пайки при наложенных производственных ограничениях и ограничениях накладываемых конструкцией;

2 Необходимо определить выходные параметры паяных соединений (вектор Y) требуемые для обеспечения заданных конструктором условий работы изделия;

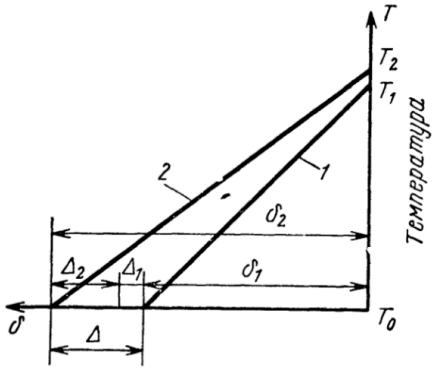
3 Произвести расчет функции Y = M(X) в несколько итераций для получения расчетных значений Y ,близких к теоретически заданным по п. 2 с помощью изменения оператора M и параметров X.

К искомым параметрам ММ проектирования технологии пайки (вектор Y) относятся физикомеханические и тепловые характеристики паяного соединения и конструкций, требования по жесткости, точности и качеству паяных соединений и изделия. Оптимальные значения параметров X рассчитываются с учетом оптимальных параметров Y, компоненты которых являются функциями исходных, фазовых и определяемых параметров. Кроме того за составляющие вектора Y принимают закладываемые приведенные затраты, амортизацию основных и вспомогательных средств и другие экономические показатели производства.

Математическое моделирование процесса пайки объединяет следующие направления:

- прямое и обратное математическое моделирование при оптимизации процессов пайки объединяет разработку математических моделей [2], алгоритмов и компьютерных программ, направленных на решение задач минимизирования затрачиваемых ресурсов, такие как: электроэнергия, материалы для пайки, сокращению времени основных и подготовительных операций при высоком уровне качества выпускаемой продукции и как следствие создания более экономически выгодной технологии пайки;

- теория деформаций конструкции и внутренних напряжений в паяных швах объединяет разработку механических моделей и алгоритмов, направленных на решение задач теории термопластичности с применением метода конечных элементов, решение задач по уменьшению деформаций и внутренних напряжений, возникающих при пайке [4, 6, 7, 8]. В процессе пайки из-за нагрева, в конструкции протекают процессы коробления, влекущие изменение геометрии и возникновения внутренних напряжений. От величины напряжений и степени коробления, а так же их распределения по конструкции, зависит работоспособность и качество изделия. Решение задач в этой сфере позволяет определить предельные внутренние напряжения и деформации, возникающие в конструкции при выбранной технологии пайки, с учетом режимов пайки, типов соединений и прочих параметров. На рисунке 3 приведена расчетная схема образования упругопластических деформаций при его остывании и величины свободных удлинений элементов δ_1 – припоя и δ_2 – паяемого материала при $T=T_0$, а сумма их $\Delta = \delta_2 - \delta_1$. В действительности элементы имеют жесткую связь, их сечения остаются плоскими, а соответственно элемент 1 должен упругопластически или упруго удлиниться на величину Δ_1, а элемент 2 укоротиться на Δ_2, из-за чего в соединении возникают внутренние остаточные напряжения [7] рисунок 4;



T_1 – температура начала образования упругопластических деформаций в элементе 1 (припой); T_2 – температура начала образования упругопластических деформаций в элементе 2 (паяемый материал);

T_0 – температура соединения после полного остывания.

Рисунок 3 — Схема образования упругопластических деформаций соединения при его остывании

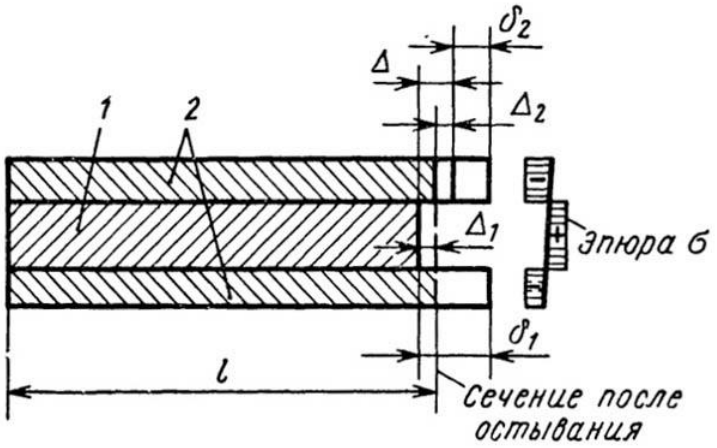


Рисунок 4 — Образование остаточных напряжений в разнородных пластинах при остывании.

- решение задач в области теплопроводности с применением аналитического и численного метода при построении математической модели процесса пайки позволяет решить задачу распределения тепла в конструкции в процессе нагрева до температуры пайки [6], во время пайки и при охлаждении с учетом геометрии изделия. Это позволяет на этапе проекта установить возможность изменения механических свойств паяемого материала за счет знания фазовых превращений в материале от нагрева, а так же направление и зоны возникновения внутренних напряжений и коробления конструкции;

- разработка математических моделей диффузионных процессов в паяном шве, связанных с образованием новых химических элементов, интерметаллидных соединений и изменением структуры шва позволяют спрогнозировать физикомеханические свойства паяных соединений, определить возможные дефекты и разработать комплекс мер по повышению качества паяных соединений. Повышение качества соединений возможно воздействием на диффузионные процессы по средствам подбора химических элементов участвующих в формировании паяного шва, величины зазора и времени выдержки. Схема диффузионных потоков в зоне спая показана на рисунке 5;

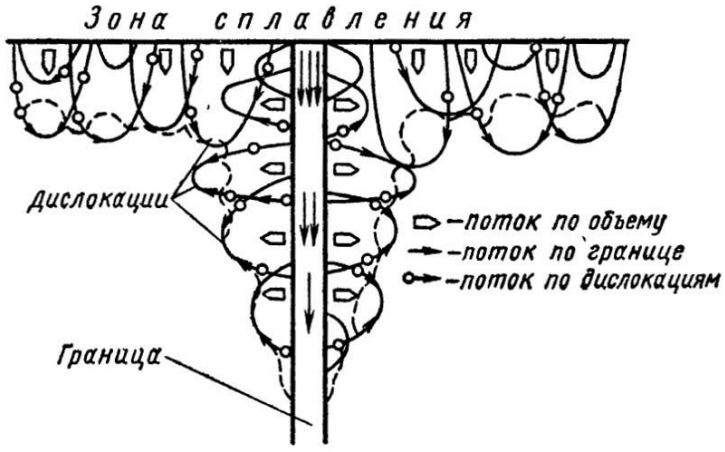
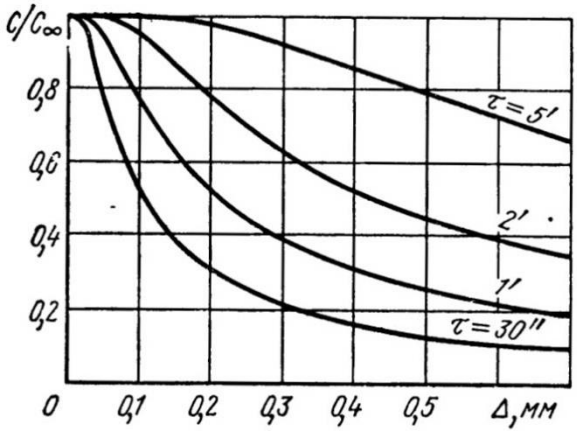


Рисунок 5 — Схема диффузионных потоков в зоне спая

- металлургия пайки – металлургическое взаимодействие припоя с паяемым материалом, включающая в себя плавление, затвердевание припоя, фазовые превращения в жидком и твердом состоянии в припое и на границе «припой-паяемый материал», а так же растворение основного металла в жидком припое. Металлургия пайки позволяет решить задачи по определению необходимой концентрации припоя в зависимости от времени выдержки и величины зазора для получения качественных паяных соединений. Изменение относительной концентрации C/C_∞ в зоне сплавления в функции времени выдержки при температуре пайки 1200ºС и различной величине зазора при пайке никеля припоем системы «никель – бор – молибден – кремний» представлено на рисунке 6;



C – концентрация основного материала в расплавленном припое; C_∞ – концентрация насыщения расплавленного припоя основным материалом; τ – время выдержки; Δ – величина зазора.

Рисунок 6 — Изменение относительной концентрации C/C_∞ в зоне сплавления в функции времени выдержки при температуре пайки 1200ºС и различной величине зазора при пайке никеля припоем системы «никель – бор – молибден – кремний»

Таким образом, разработка перспективной современной технологии пайки стальных сплавов авиационных трехслойных конструкций, на начальной стадии проектирования требует создания математических моделей, предварительного расчета параметров и последующего анализа и оптимизации полученного результата.

Список литературы

1. Изготовление и сборка трехслойной конструкции с заполнителем типа "гофра" для проведения процесса вакуумной пайки [Электронный ресурс] / И. С. Захаров, С. Ю. Коваль, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Молодежь, наука, образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., 17 апр. 2021 г., Пенза / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. - Электрон. дан. - Пенза : Наука и Просвещение,2021. - . - С. 16-19. - 4 с.

2. Технологические аспекты высокотемпературной вакуумной пайки металлов [Электронный ресурс] / И. С. Захаров, С. Ю. Коваль, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов X Всерос. конф., 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т" ; гл. ред. А. И. Сердюк. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2021. - . - С. 34-36. - 3 с.

3. Серегин, А. В. Альтернативные технологии пайки: парофазная пайка / А. В. Серегин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 21 (125). — С. 30-32. — URL: https://moluch.ru/archive/125/34718/ (дата обращения: 20.01.2024).

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Исмаилов Ж.А.о., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В производстве металлических изделий самыми энергозатратными и продолжительными этапами являются: формообразование и механическая обработка поверхности. Именно на этих этапах будущему изделию задают необходимые форму и все геометрические характеристики.

На сегодняшний день существует множество способов изготовления металлических деталей, это: литейное производство, обработка резанием, сварка деталей, обработка давлением, механическая обработка.

После освоения производствами современных компьютерных технологий, приведших к внедрению станков с ЧПУ, работающих практически автономно, и использованию 3D моделей будущего изделия, этапы формообразования и механической обработки стали протекать значительно быстрее и с меньшим использованием ресурсов (как человеческих, так и финансовых). Но даже при этих достижениях изготовление крупногабаритных металлических изделий со сложной геометрией является сложной задачей. Так, изготовление некоторых элементов, входящих в состав авиакосмической техники может занимать месяцы, при этом иметь большой расход всех ресурсов производства [6].

Редкое производство возьмется за изготовление изделий со сложной геометрией в ограниченной, не серийной, партии. Так как такие изделия требуют серьёзной подготовки предприятия – это разработка и изготовление специальной инструментальной оснастки, стапелей, литейных форм, после чего производство будет осваивать технологию работы с новыми приспособлениями, всё это требует много времени и усилий.

На помощь современному производству приходят аддитивные технологии, основной принцип которых заключается в наращивании материала. При использовании этих технологий большая часть работы проводится без применения специальной оснастки. Так же аддитивные технологии позволяют отказаться от части стапельной оснастки, так как могут производить элементы изделия цельнометаллическими, а не сборными, как в традиционном производстве [4].

Одним из перспективных способов изготовления изделий является проволочная технология металлической 3D – печати [5]. Эта технология основана на сварочных технологиях, металлическая проволока подается в зону печати и сплавляется с предыдущим слоем металла с помощью тепловой энергии. В результате использования данной технологии мы получим заготовку будущего изделия с припусками на механическую обработку фрезерным станком (рисунок 1).

Рисунок 1 – Корпус редуктора, изготовленный с применением печати металлической проволокой

На рисунке 1 показаны переходы CAD – модели в рабочую заготовку после 3D печати и в готовое изделие после обработки на фрезерном станке с ЧПУ. Можно заметить, что изделие имеет сложную геометрию, но при этом оно выполнено как цельнометаллическое изделие, это одно из преимуществ использования аддитивных технологий.

Преимущества данной технологии заключаются в следующем:

– значительно более высокий темп производства элементов изделия (до 900 см³/ч);

– возможность формирования больших заготовок будущей детали;

– высокий показатель применения использованного материала;

– наилучше в направлении механическое качество конечного изделия: отсутствие пористости и термических трещин, дендритная структура;

– огромный выбор и невысокая стоимость металлов и сплавов из-за возможности использования распространенной на рынке сварочной проволоки в широком перечне: алюминий, нелегированные, низколегированные и легированные стали, нержавеющие стали, титан и его сплавы, никелевые и медные сплавы и другие;

– снижение складских резервов, отходов производства, инструмента и оснастки;

– до 60% сокращения затрат на производство благодаря упрощению общего технологического процесса изготовления;

– изготовление изделий для ответственных применений (ремонтные мастерские, авиация, космос, кораблестроение, энергетика, машиностроение и многие другие);

– наименьшие требования технологии к производственному помещению, высокая безопасность процесса производства;

– возможность гибридного производства (совмещения процессов печати и механической обработки изделия на одном станке).

Технологии проволочной наплавки разделяют на типы:

1) Лучевые технологии: применяют электронный луч или лазер;

2) Электродуговые технологии: применяют электродуговую сварку в среде газа или плазму.

Наибольшую популярность имеет метод электродуговой сварки в среде газа, так как в его основе лежит классический процесс электродуговой сварки металлов, который изучен настолько, что режимы, процессы, металлы, сварочные флюсы, головки для автоматической сварки, диаметр проволоки, защитный газ легко подбираются в полном соответствии с поставленной задачей для получения гарантированно высокого качества шва.

Одним из главных преимуществ данного метода печати, даже перед распространенной порошковой металлургией, это стоимость сварочной проволоки, в зависимости от металла, материал дешевле того же порошка в

2 – 10 раз. Кроме того, сварочная проволока имеет большой ассортимент и распространена по всему миру, так, не составит большого труда найти качественную проволоку из титана и титановых сплавов, жаропрочных сплавов, тантала, вольфрама, ниобия, молибдена, нержавеющей, малоуглеродистой, инструментальной, мартенситно-стареющей стали, инвара, сплавов алюминия, циркония, бронзы, меди, медноникелевых, магниевых сплавов и др. [3].

Металлургическое качество изделий, получаемых с помощью наплавки проволокой заметно превышает все популярные на сегодняшний день аддитивные технологий. Проволока, в отличие от порошка, не имеет включений по типу газов, частиц с неудовлетворительной морфологией и формой, проблем с недостаточной или избыточной температурой сплавления, и т.п. Высокотемпературная ванна расплава получается достаточно крупной и гомогенной.

Тем не менее, в проволочных технологиях следует внимательно следить за качеством защитной сварочной смеси, поскольку их состав и покрытие зоны сплавления влияет на качество результата и наличие окислов на поверхности детали. Более высокое качество поверхности деталей остается за технологией электроннолучевой наплавки, поскольку процесс происходит в вакууме.

После изготовления деталей следует проводить контроль качества деталей. Для этого отлично подойдёт метод неразрушающего контроля – рентгенография [2].

Метод печати металлической проволокой всё ещё совершенствуется. Например, активно применяется метод гибридного изготовления, при котором после наплавки слоя металла проводится послойная обкатка – проковкой, обкатка может производиться при помощи прижимного ролика (сверху или сбоку, двумя роликами), а также ультразвуковой или пневматической ударной обработкой (рисунок 2). Это позволяет снять остаточные напряжения в металле и уменьшит размер зерна в структуре металла (рисунок 3), что даёт возможность получить лучшие механические свойства конечного изделия.

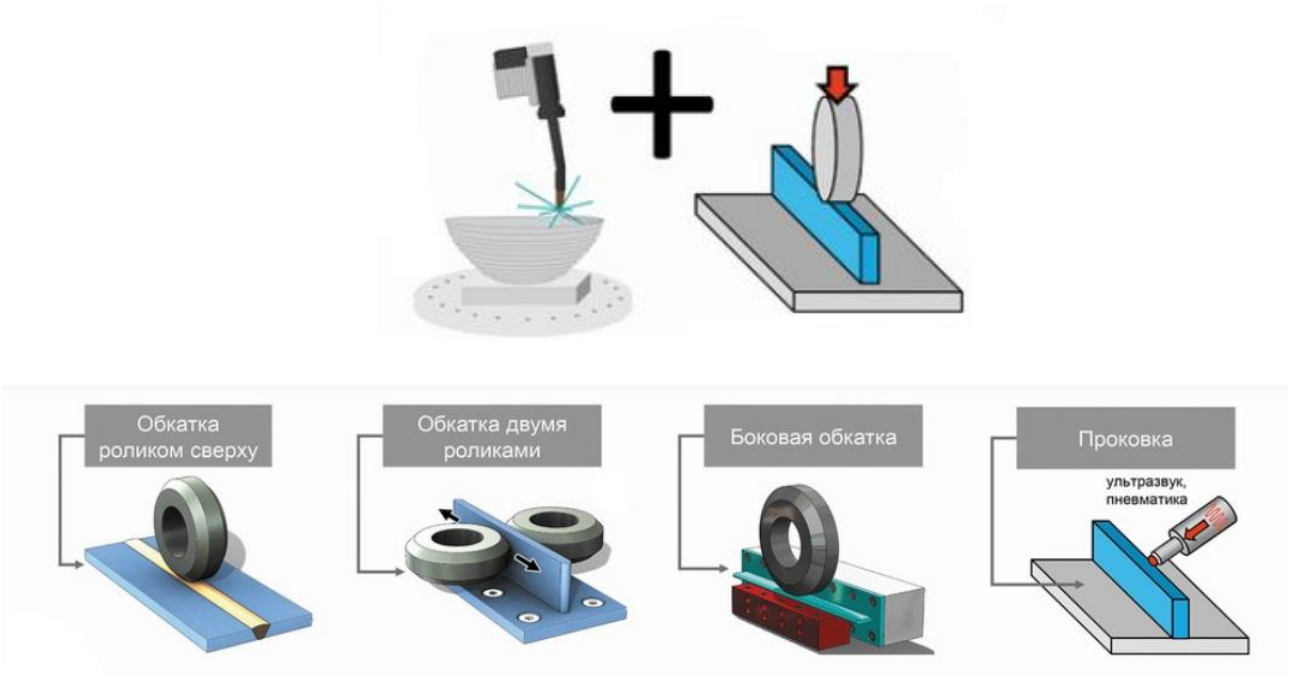


Рисунок 2 – Обкатка слоя наплавленного металла и различные методы её реализации

Данная технология так же дала толчок развитию моделирования сварочных процессов (рисунок 3) [1]. Данная технология позволит рассматривать глубинные процессы формирования металла при печати наплавлением и выявлять возможные исходы процесса 3D-печати с определенными характеристиками на ранних этапах изготовления изделий.

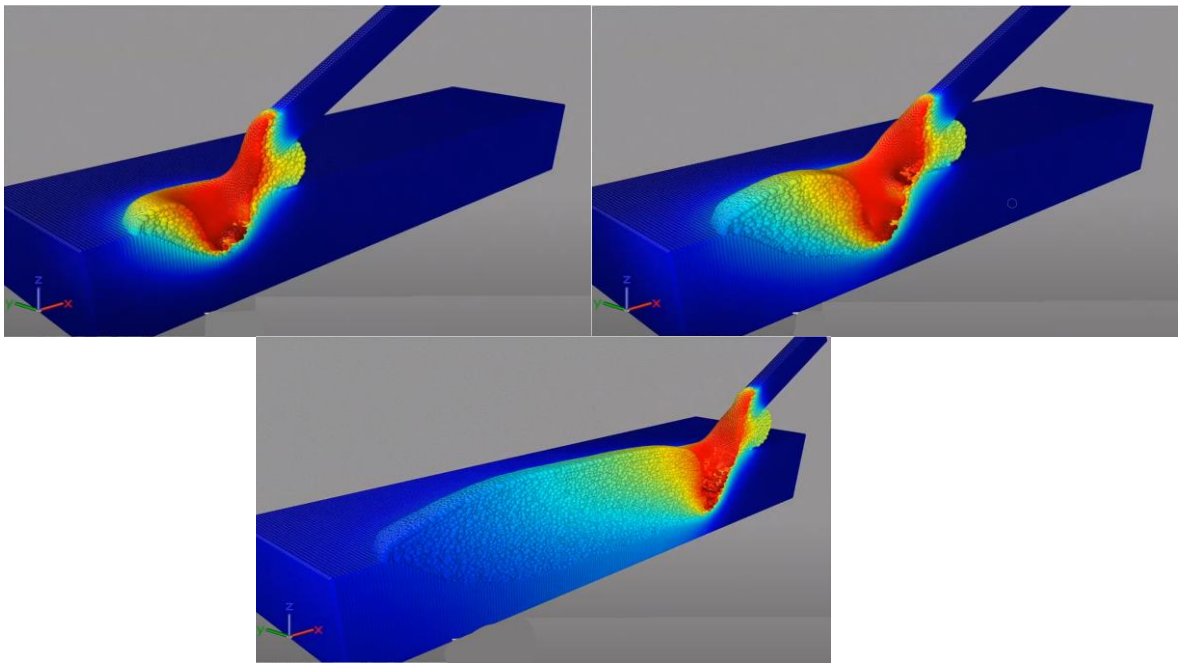


Рисунок 3 – Моделирование процесса электронно-лучевой наплавки металла

Аддитивные технологии с принципом формирования изделий из проволоки активно популяризируются и проходят серьезные испытания, в процессе которых выявляется их эффективность и экономическая обоснованность. На сегодняшний день над этой технологией активно работают российские лаборатории и опытные производства. В нашей стране есть возможность организовать полностью отечественное производство, основанное на данном методе изготовления изделий.

Список литературы

1 Вальтер А.В. Технологии аддитивного формообразования. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 171 с.

2 Гибсон, Я. Технологии аддитивного производства Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. - Москва: Гостехиздат, 2016. - 296 с.

3 Дьяченко В.А. Материалы и процессы аддитивных технологий (быстрое прототипирование) / В.А. Дьяченко, И.Б. Челпанов, С.О. Никифоров, Д.Д. Хозонхонова.– Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2015. – 198 с.

4 Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // Пособие для инженеров. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.

5 Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев, Е.Г. Смольянникова – Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2013. – 222 с.

6 Тарасова, Т. В. Аддитивное производство: учебное пособие / Т. В. Тарасова. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 196 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

Калмагамбетов А.Н., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент,
Куватова Е.А., Ищейкина Т.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Станочное оборудование всегда имело большой спрос в разных сферах жизни. Например, еще до нашей эры станки использовали для обработки каких-либо заготовок из дерева и других материалов. В современном мире станочное оборудование имеет высокую популярность в металлообрабатывающей промышленности. Благодаря станкам, человек может обрабатывать детали с минимальными затратами в виде труда, денег и времени. Для того, чтобы обеспечить продолжительную работу станков требуется постоянное смазывания их узлов. За счёт их смазывания происходит уменьшение трения, что приводит к увеличению долговечности станочного оборудования.

В станках существует определенная система, благодаря которой смазочный материал подаётся и соответственно равномерно распределяется по всем узлам станочного оборудования. При поломке данной системы, которую называют «Система смазывания», станочное оборудование начнёт вести себя некорректно, что приведёт к потери следующих качеств:

- точности;
- долговечности;
- экономичности;
- бесшумности.

Помимо узлов станочного оборудования к которым организован подвод смазки есть и детали, которые приходится обслуживать отдельно. Перед работой станочник обязан убедиться в том, что в системе находится достаточный объём смазочного материала, а также проверить те места, которые не оборудованы «Системой смазывания».

Смазыванию подлежат:

- подшипники;
- направляющие;
- зубчатые и червячные передачи;
- муфты;
- шарнирные соединения и др. узлы.

Одним из важнейших преимуществ использования смазочных материалов в узлах станочного оборудования заключается в уменьшении трения. Также, смазочные материалы защищают детали от коррозии, отводят тепло от трущихся поверхностей, а также удаляют продукты износа из зоны трения.

С физической точки зрения, смазочные материалы, используемые в станочном оборудовании, можно разделить на следующие группы:

- жидкие (основные);
- пластичные;
- твердые.

Жидкие смазочные материалы используют для смазывания, охлаждения, переноса теплоты, в качестве рабочих жидкостей для гидравлических систем и др. В группе жидких смазочных материалов большой популярностью пользуются масла на минеральной основе.

Пластичные смазочные материалы состоят из следующих компонентов:
- минеральные масла, которые составляют 75-95 % от них;
- загустители (5-20%), которые образуют сам «каркас»
- присадки (0-5%)

В основном их используют для смазывания подшипников и тихоходных зубчатых передач.

Обычно на станках с ЧПУ в качестве смазочных материалов используют:
- графитовую мазь, которая применяется в тихоходных механизмах, открытых передачах;
- солидол технический. Его недостатком является плохая совместимость с другими смазочными материалами;
- Литол-24 – многоцелевой смазочный материал. Его можно использовать во всех типах узла трения.

Твёрдые смазочные материалы выделяются своей высокой теплостойкостью. В основном их применяют в тех случаях, когда остальные смазочные материалы применять нежелательно. Их отличительной особенностью является отсутствие способности самовосстановления при разрушении смазочной плёнки.

Преимущества твердых смазочных материалов:
- широкие диапазоны рабочих температур;
- высокая нагрузочная способность;
- высокая долговечность;
- они не нуждаются в системах подачи смазочного материала и уплотнениях.

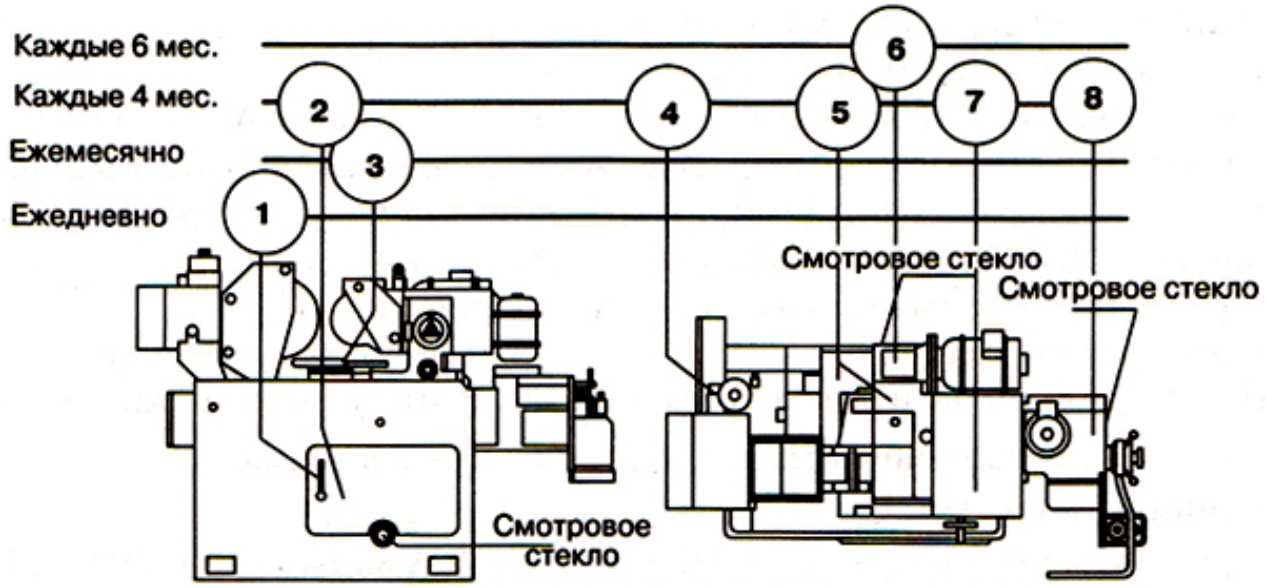
Также, помимо преимуществ, твёрдые смазочные материалы имеют и следующих недостатки:
- отсутствие отвода теплоты смазочным материалом;
- более высокое трение поверхностей, чем при применении жидких масел.

При выборе смазочного материала стоит обратить внимание на скорость скольжения и нагрузки. Есть определенные рекомендации, которые облегчают выбор смазочных материалов в тех или иных случаях:
- при высоких нагрузках и низких скоростях – вязкие масла (пластичные, твёрдые);
- при высоких скоростях – высококачественные масла с низкой вязкостью;
- при высоких температурах – жидкие масла с присадками, твёрдые смазочные материалы;

- Для того, чтобы избежать загрязнения и образование шлама используют высококачественные масла, пластичные и твёрдые смазочные материалы.

Планирование смазочных материалов и систем смазки должно охватывать все узлы детали станков, нуждающиеся в смазке. Производители станочного оборудования обычно включают рекомендательные таблицы по смазке в инструкции эксплуатации станков. В этих таблицах указывают тип смазочного материала для каждого класса вязкости по торговому наименованию.

На рисунке ниже показан пример смазки шлифовального станка.



1 – централизованная система смазки; 2 – подшипник шпинделя шлифовального круга; 3,4,7,8 – направляющие скольжения; 5 – подшипник шпинделя; 6 – червячная зубчатая передача;

Рисунок 1 – Схема смазки цилиндрического шлифовального станка

Список литературы

1. Лиханов, В.А. Пластичные смазки: Учебное пособие. В.А. Лиханов, Р.Р. Деветьяров – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 68 с.;

2. Лужнов, Ю.М. Смазка и смазочные материалы (трибологические аспекты смазки): Учебно-методическое пособие. Ю.М. Лужнов – Москва: МАДИ, 2019. – 40 с.;

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ

Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Подшипники качения являются наиболее распространенными стандартными унифицированными узлами, применяемыми в современном машиностроении. От их параметров в значительной степени зависят многие эксплуатационные показатели различных технологических машин и оборудования. Поэтому на этапе проектирования конкретной машины или механизма, в конструкции которых предполагается использование подшипников качения, важно иметь возможность оценки этих параметров. К числу таких параметров относится радиальная жесткость подшипника, информация о которой, как правило, отсутствует в каталогах производителей подшипников и соответствующих справочниках.

В настоящее время существуют два подхода к определению жесткости подшипников, а именно: экспериментальный и расчетный. Первый из них практически неприемлем в условиях реального производства, так как требует разработки специальных испытательных стендов и проведения трудоемких экспериментов, что существенно удорожает и затягивает этап проектирования. В связи с этим жесткость подшипников обычно оценивается расчетным путем с использованием различных математических моделей. В большинстве случаев в основу этих моделей положено аналитическое решение контактной задачи Герца, известной в механике твердого тела.

Однако решение этой задачи применительно к определению радиальной жесткости подшипника качения сопряжено с рядом вычислительных трудностей и предполагает некоторые допущения. Из-за этого результаты, получаемые таким путем, во-первых, требуют кропотливых вычислений, а во-вторых, не исключают возможность ошибочной оценки жесткости. Альтернативным способом расчетного определения жесткости подшипников выступает использование численных методов, среди которых наиболее популярен метод конечных элементов, служащий математической основой большинства существующих коммерческих CAE-систем.

Названный метод позволяет сформировать достаточно надежную и адекватную модель для определения жесткости подшипника в программной среде CAE-системы, но построение такой модели является сложным и трудоемким процессом и характеризуется высокими требованиями к квалификации пользователя, выполняющего расчет. В качестве решения отмеченной проблемы может быть предложена методика автоматизированного построения конечно-элементной модели подшипника на основе макроязыка универсальной CAE-системы.

Примером реализации этой методики служит построение модели однорядного радиального шарикового подшипника в среде CAE-системы «ANSYS». В данном случае модель строится на основе специального файла сценария, написанного на встроенном языке программирования APDL, который предусмотрен в используемой системе. Сценарий представляет собой упорядоченную последовательность команд, которые обеспечивают автоматическое выполнение всех необходимых этапов построения модели на основе нескольких входных параметров, задаваемых пользователем.

Такими параметрами выступают базовые размеры подшипника (наружный и внутренний диаметр, ширина колец и диаметр шарика), количество шариков и величина радиальной силы, которой должен нагружаться подшипник. Ввод этих параметров осуществляется в специальном диалоговом окне, которое вызывается на экран при запуске сценария соответствующим блоком его исполняемых команд. Введенные параметры используются для автоматического определения всех производных размеров, необходимых для полного определения геометрии подшипника, на основе известных соотношений размеров подшипника [1].

На этом же этапе построения модели автоматически назначаются предельные отклонения диаметра шариков, установленные в ГОСТ 3722-2014, и выбираются величины радиального внутреннего зазора, установленные в ГОСТ 24810-2013. Эти параметры далее используются для коррекции фактических диаметров шариков и диаметров дорожек качения, которые определяются как псевдослучайные величины, подчиняющиеся нормальному закону распределения. На основе полученного в итоге набора размеров автоматически формируется твердотельная геометрическая модель подшипника, за что отвечает соответствующий блок команд сценария.

В состав этой модели входят геометрические модели наружного и внутреннего кольца, модели шариков в их необходимом количестве и модель сепаратора. При этом конструктивное исполнение сепаратора соответствует так называемому массивному сепаратору в форме кольца с овальными гнездами под шарики, что значительно упрощает автоматическое построение его модели по сравнению с более распространенным штампованным сепаратором. В данном случае форма сепаратора большого значения не имеет, поскольку в контексте решаемой задачи он служит только для фиксации углового положения шариков относительно оси подшипника.

На следующем этапе выполнения сценария на полученной геометрической модели автоматически генерируется конечно-элементная сетка, плотность которой управляется предусмотренными числовыми параметрами, которые при необходимости могут быть изменены пользователем. Для генерации сетки в зависимости от дискретизируемой геометрии применяются квадратичные элемента гекса- и тетраэдрической формы. Примеры сеточных моделей, полученные таким способом для шариковых подшипников 205 и 209 (по ГОСТ 8338-75), приведены на рисунке 1. На приведенном рисунке половины сепараторов скрыты для большей наглядности изображения.

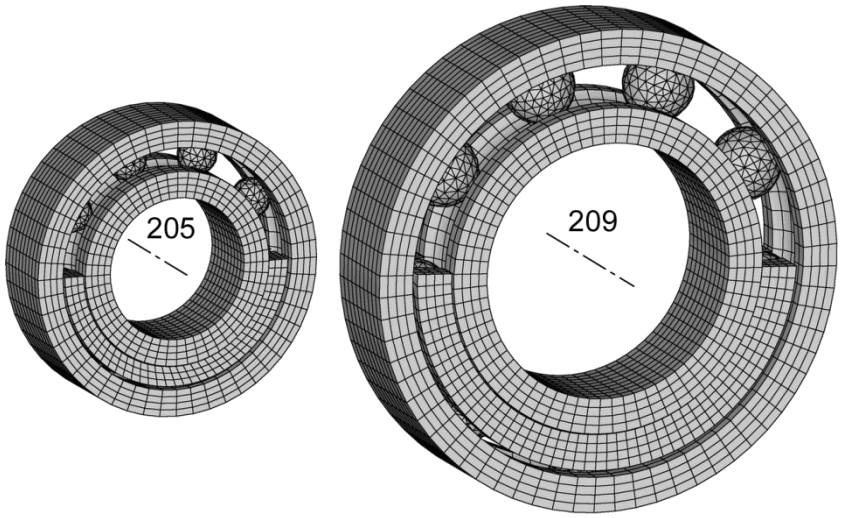


Рисунок 1 – Конечно-элементные модели радиальных шариковых подшипников качения

Полученная сетка затем используется для формирования контактных пар (моделей стыков) между шариками и кольцами, а также между шариками и сепаратором посредством специальных контактных элементов, предусмотренных в «ANSYS». Кроме того, формируется модель стыка между сепаратором и внутренним кольцом подшипника, т.к. модель подшипника строится при допущении того, что сепаратор базируется по диаметру бортов внутреннего кольца. Для всех моделей стыков принимается, что контакт деталей соответствует скользящему контакту с трением, который определяется двумя основными параметрами, а именно: коэффициентом трения и коэффициентом нормальной жесткости.

С подготовленной сеточной моделью связывается модель линейно-упругого изотропного материала, характеристические параметры которого (модуль упругости и коэффициент Пуассона) соответствуют конструкционной стали. Линейно-упругая модель материала принимается в виду того, что подшипник качения в нормальных условиях своей работы не должен подвергаться нагрузкам, вызывающим пластические деформации его компонентов.

На завершающем этапе сценарий обеспечивает задание корректных граничных условий и расчетной нагрузки, вызывающей искомое относительное перемещение колец. При этом нагрузка задается в форме силы, распределенной по синусоидальному закону на половине внутренней цилиндрической поверхности внутреннего кольца подшипника (рисунок 2). Такое распределение нагрузки соответствует обычным условиям работы подшипника, когда нагрузка на подшипник передается через вал, на котором установлено внутреннее кольцо. Чтобы исключить собственные упругие деформации нагруженного внутреннего кольца в его посадочном отверстии воспроизводится еще один массив, конечных элементов, имитирующий цилиндрический участок вала, на котором установлен подшипник.

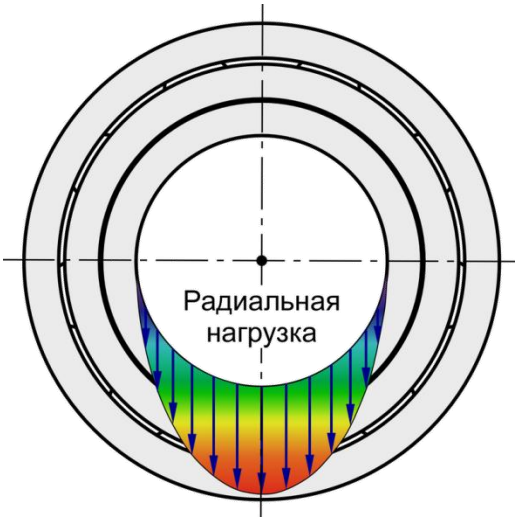


Рисунок 2 – Распределение радиальной нагрузки на подшипник

Поскольку внутреннее кольцо подшипника в большинстве случаев устанавливается на вал с натягом, постольку в рассматриваемой модели подшипника между дополнительной моделью участка вала и моделью внутреннего кольца формируется модель абсолютно жесткого стыка, исключающая относительное смещение сопряженных компонентов. Благодаря этому оценка жесткости подшипника может производиться по радиальному перемещению узлов конечных элементов, расположенных вдоль оси «вставленного» участка вала, наличие которых гарантированно обеспечивается расчетной сеткой.

Как было указано выше, модель подшипника качения, полученная таким способом, предназначается для определения его жесткости. Для оценки точности предлагаемой модели был выполнен сравнительный анализ, полученных с ее помощью результатов расчета радиальной жесткости подшипников, с аналогичными экспериментальными данными, приведенными в работе [2]. В данной работе приводятся результаты экспериментального определения радиальной жесткости для нескольких типоразмеров шариковых радиальных подшипников, в том числе 6205 и 6209 (производства фирмы SKF), которые практически идентичны ранее упомянутым отечественным подшипникам 205 и 209 по ГОСТ 8338-75.

Результаты сравнительного анализа наглядно представлены в виде диаграммы на рисунке 3. Приведенный рисунок показывает, что расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются между собой. Так максимальная погрешность расчета радиальной жесткости в рассматриваемом диапазоне нагрузки составляет 13 % для подшипника 205 и 15 % для подшипника 209. При этом средние погрешности составляют всего 1,2 % для подшипника 205 и 2,8 % для подшипника 209. Это свидетельствует о достаточной точности разработанной модели подшипника качения и правомерности ее использования для проектных расчетов.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности предлагаемого подхода к моделированию подшипников качения, т.к. он позволяет получить достаточно точную модель для определения радиальной жесткости подшипника при минимальной трудоемкости и времени ее построения. Даже при использовании компьютера низкой производительности время построения описанных моделей составляет менее одной минуты. Кроме того, данная методика построения конечно-элементной модели может быть относительно легко расширена на подшипники качения других конструкций, что является предметом дальнейших исследований в данном направлении.

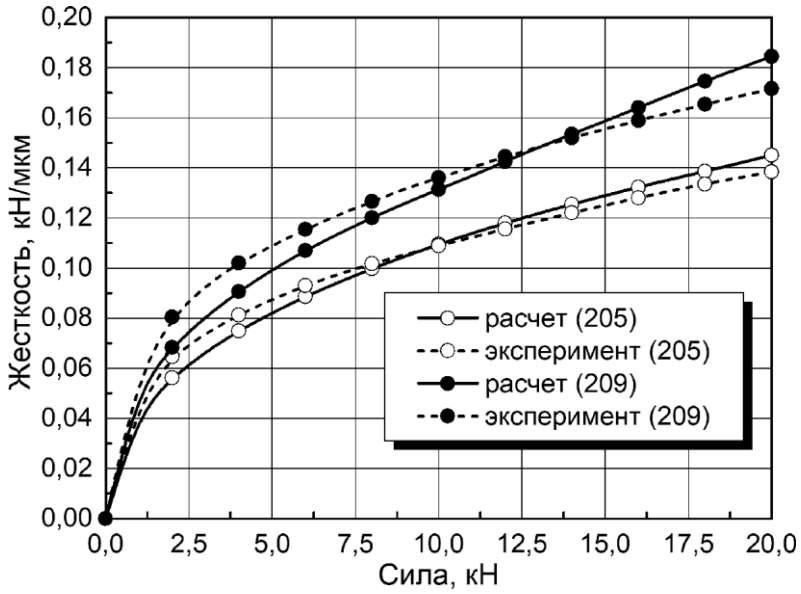


Рисунок 3 – Зависимости радиальной жесткости подшипников от нагрузки

Список литературы

1 Черменский, О. Н. Подшипники качения: справочник-каталог / О. Н. Черменский, Н. Н. Федотов. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.

2 El-Sayed, H. R. Stiffness of Deep-Groove Ball Bearings / H. R. El-Sayed // Wear. – 1980. – Vol. 63. – P. 89-94.

ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Канчурин Р.Я., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Проектирование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) самолетной схемы является сложной многодисциплинарной задачей. К особенностям проектирования БПЛА относятся разнообразные требования к конструкции и оборудованию, применение новых материалов и различных технологических процессов. Это создает высокий уровень неопределенности на начальных этапах проектирования, когда отдельно установленным критериям удовлетворяет большое множество проектных решений и проектировщик при выборе итогового решения в большей степени полагается на свой опыт.

Обычно при проектировании летательных аппаратов опираются на уже существующие семейства проектных решений, используемых в предшествующих аппаратах, а для проектирования подсистем применяют хорошо исследованные зависимости. Для таких решений известны основные характеристики, поэтому проектирование упрощается, снижается уровень технического риска и повышается эксплуатационная безопасность.

Однако, такой подход существенно ограничивает пространство поиска, существует вероятность упустить более эффективные решения. Особенно это актуально при проектировании беспилотных аппаратов, поскольку они имеют другие требования к безопасности, массогабаритным и эксплуатационным характеристикам по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами. Это расширяет область потенциальных решений, но возникает другая проблема – на начальных этапах проектирования о проектном решении известно мало информации, при этом число таких решений значительно.

По мере продвижения процесса проектирования затраты растут, что приводит к высокой стоимости внесения изменений в проект на более поздних этапах. Поэтому целесообразен обстоятельный начальный поиск, когда можно проанализировать значительное число вариантов. Детальный анализ большого числа вариантов решений возможен только с внедрением автоматизации проектирования. Внесение изменений в проект на начальных этапах проектирования составляет незначительную долю общих затрат, но оказывает значительное влияние на последующее принятие решений в условиях неопределенности [1].

Автоматизация проектирования летательных аппаратов основана на применении современных средств решения многодисциплинарных задач и методов оптимизации.

Задача оптимизации состоит в поиске глобального оптимума, как правило, в условиях многокритериальности. При этом, зачастую, невозможно определить единственное решение, задача сводится к нахождению Парето-

оптимальных решений, среди которых окончательное принимается лицом, принимающим решение, на основании своего опыта и предпочтений.

К задачам, при решении которых применяются методы оптимизации, относятся:

– определение оптимального облика;

– выбор вариантов проектных решений с учетом различных критериев;

– синтез структуры, силовых схем;

– выбор унифицированных конструктивных решений.

Во многих практических задачах неизвестно аналитическое описание целевой функции, поэтому для решения таких задач широко применяют прямые методы оптимизации, не использующие информацию о производных функции, а использующие прямое вычисление значения функции в конкретной точке. Прямые методы разделяют на регулярные и нерегулярные, использующие стохастический подход.

В регулярных методах используется последовательное продвижение по гиперповерхности целевой функции на определенное количество шагов. Величина и направление шага определяется по величине целевой функции в предыдущих точках и способу определения направления уменьшения или увеличения значения целевой функции. Недостатком регулярных методов является влияние формы целевой функции на результат, так, например, наличие оврагов на поверхности функции может привести к зацикливанию поиска на дне оврага или увести в направлении, удаленном от оптимума.

В качестве примеров таких методов можно привести метод одномерного пошагового поиска (метод Гаусса-Зейделя), работа которого схожа с тем, как выполняет многопараметрический поиск человек [1], и метод Хука-Дживса (метод конфигураций) [2], который реализован во многих САПР летательных аппаратов благодаря своей надежности и относительно высокой эффективности [3].

К другой группе регулярных методов относят методы ветвей и границ, динамического программирования [4, 5]. В таких методах происходит поэтапное отсечение подмножеств решений, не удовлетворяющих критериям, и таким образом сокращается пространство поиска.

Регулярные методы для выработки шага используют движение по большинству параметров, поэтому становятся менее эффективными по сравнению с нерегулярными методами для решения задач большой размерности.

К нерегулярным методам относят метод Монте-Карло [6], метод симуляции отжига [7], эвристические и метаэвристические алгоритмы.

Методы на основе роя относятся к метаэвристическим методам, они используют множество взаимодействующих агентов, каждый агент имеет несложное поведение, но в совокупности агенты образуют роевой интеллект, являющийся коллективным поведением самоорганизующейся системы. К роевым методам относят муравьиный алгоритм [8], [9], метод роя частиц [10], [11], метод пчелиной колонии [12]

К эволюционным методам относят генетические алгоритмы [13, 14], эволюционные стратегии, эволюционное программирование и генетическое программирование.

Эволюционные методы широко применяются при проектировании летательных аппаратов для решения различных задач. С помощью генетического алгоритма авторы в работе [15] решают такие задачи проектирования, как выбор размеров и конфигурации воздушного судна, эксплуатационных и силовых характеристик. В работе [16] авторы применяют генетический алгоритм для оптимизации параметров на этапе предварительного проектирования с целью максимизации дальности полёта. В статье [17] генетические алгоритмы используются для оптимизации маршрута полета на основе информации об особенностях местности, также в статье показано, что при решении данной задачи эффективность генетического алгоритма выше чем у алгоритма динамического программирования.

Применяются и сочетания приведенных выше алгоритмов, в частности, в статье [18] описывается гибридный метод, использующий элементы генетического и муравьиного алгоритмов.

Проведенный анализ показал, что методы оптимизации широко применяются на разных этапах при проектировании беспилотных летательных аппаратов для решения различных задач, разрабатываются новые методы оптимизации и формализации исследуемых проблем. Широкое применение при проектировании БПЛА получили эволюционные методы оптимизации, которые планируется использовать в дельнейшей работе.

Список литературы

1 Осин, М.И. Методы автоматизированного проектирования летательных аппаратов / М.И. Осин. – М.: Машиностроение, 1984. – 168 с.

2 Хук, Р. Прямой поиск решения для числовых и статических проблем / Р. Хук, Т. А. Дживс. – М.:Мир, 1961. – с. 212–219.

3 Боргест, Н. М. Автоматизация предварительного проектирования самолета : учеб. пособие. - Текст : электронный / Н. М. Боргест ; М-во науки, высш. образования и техн. политики Рос. Федерации, Самар. авиац. ин-т им. С. П. Королева. - Самара, 1992.

4 Tarun, P. A Dynamic Programming Approach to the Design of Composite Aircraft Wings. American Journal of Operations Research / P. Tarun, H. Corley. – 2022.– V. 12. – p. 194–207.

5 Klein, V. Optimal input design for aircraft parameter estimation using dynamic programming principles / V. Klein, E. Morelli. – 1990.

6 Денисов, В. Е. Статистическая оценка характеристик проектируемого самолета с помощью метода Монте-Карло / В. Е. Денисов, В.К. Исаев, А.М. Рябов, Л.М. Шкадов// Ученые записки ЦАГИ. – 1973. – №2 – с. 137–142.

7 Kirkpatrick, S. Optimization by simulated annealing: Quantitative studies / S. Kirkpatrick // Journal of statistical physics. – 1984. – Vol. 34, N. 5-6. – P. 975–986.

8 Dorigo, M., Ant system: optimization by a colony of cooperating agents, / M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colorni // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), – 1996. – vol. 26, no. 1. – p. 29–41.

9 Katiyar, S. Ant colony optimization: a tutorial review / S. Katiyar, N. Ibraheem, A. Ansari // MR International Journal of Engineering and Technology. – 2015. – vol. 7, no. 2. – p. 35–41.

10 Bonyadi, M.R. Particle swarm optimization for single objective continuous space problems: a review,/ M. R. Bonyadi, Z. Michalewicz //Evolutionary computation. – 2017. – v.25 no.1. – p. 1–54.

11 Poli, R. Particle swarm optimization / R. Poli, J. Kennedy, T. Blackwell // Swarm Intelligence. – 2007. – vol. 1, no. 1. – pp. 33–57.

12 Kumar, D. Artificial bee colony as a frontier in evolutionary optimization: a survey / D. Kumar, K. K. Mishra // Advances in Computer and Computational Sciences. Springer. – 2017. – p. 541–548.

13 Liepins, G.E.. Genetic algorithms: Foundations and applications / G.E. Liepins, M.R Hilliard // Annals of Operations Research. – 1989. – vol. 21, no. 1. – p. 31–58.

14 Hansen, N. The CMA evolution strategy: a comparing review / N. Hansen // Towards a new evolutionary computation, Springer Berlin Heidelberg. – 2006. – p. 75–102.

15 Ali, N. Optimal geometrical design of aircraft using genetic algorithms / N. Ali, K. Behdinan // Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering. – 2003 – v. 26(4). –p. 373–388

16 Chaudhry, I.A. Preliminary Aircraft Design Optimization Using Genetic Algorithms / I.A. Chaudhry, A. Ahmed// Journal of scientific and industrial research. – 2015. – v. 73. – 302-307.

17 Li, Q. Aircraft route optimization using genetic algorithms//Q. Li, W. Gao, Yu. Lu, Ch. Shen // Second International Conference On Genetic Algorithms In Engineering Systems: Innovations And Applications, Glasgow, UK. – 1997. – p. 394–397.

18 Judt, D. Application of an automated aircraft architecture generation and analysis tool to unmanned aerial vehicle subsystem design / D. Judt, C. Lawson // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering. – 2014. – v. 229. – p. 1690–1708.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ

Кириков М.Р., Кирикова А.Р., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На кафедре САП имеется промышленный робот-манипулятор, используемый в качестве учебного стенда, на котором обучающиеся могут получить навыки работы с исполнительными механизмами, электрическими схемами, программированием промышленных контроллеров, основам безопасности при работе с подобными механизмами (рисунок 1).

Робот имеет несколько исполнительных механизмов, которые позволяют ему перемещать рабочий орган вдоль горизонтальной оси, вокруг неё и вдоль вертикальной оси. Исполнительный механизм представляет собой пневматический зажим. Перемещения осуществляются пневмоцилиндрами, что позволяет дополнительно изучить принцип работы пневматических линий и устройств управления и контроля этих линий.

Подача воздуха в пневмоцилиндры осуществляется электрическими клапанами, подключенными к ПЛК, имеющему возможность подключения дополнительных датчиков и прочих исполнительных механизмов, благодаря чему обучающиеся могут получить навыки работы со всеми этими устройствами, а также изучить программирование плк, алгоритмы управления промышленными роботами и их программную реализацию.

Рисунок 10 – Робот-манипулятор РФ204М

Данный робот предназначен для автоматизации процессов загрузки-выгрузки технологического оборудования, в том числе металлорежущего, кузнечно-прессового, а также конвейерных линий и операций сборки. Технические характеристики робота представлены в таблице 1. На рисунке 2 представлена

схема робота. Он имеет подставку 1, механизм поворота колонны 2, механизм подъёма колонны 3, механизм продольного перемещения рабочего органа 4, который может быть закреплён на колонне под разными углами, схват 5, имеющий возможность поворота вокруг своей оси. Манипулятор подключается к пневматической сети при помощи модульной системы подготовки воздуха. В заводском варианте робот подключается к системе управления СУ202М [1].

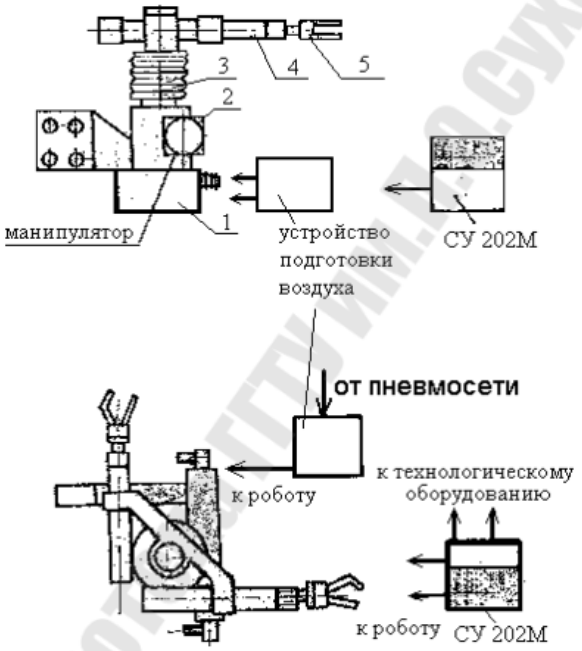


Рисунок 11 – Строение робота

Таблица 1 – Технические характеристики промышленного робота РФ204М [2]

Грузоподъемность, кг	1
Погрешность позиционирования рабочего органа, мм	±0,5
Число степеней подвижности	3
Количество манипуляторов	1-2
Способ установки на рабочем месте	Встроенный
Линейные перемещения, мм манипулятора модуля подъема	 200-400 10-30
Регулирование углового положения манипуляторов, град	0-100
Угловое перемещение одновременно двух манипуляторов, град	0-120
Скорость линейных перемещений, м/с горизонтальных вертикальных	 0,5 0,2

Список литературы

1 Автоматизация операции шлифования с использованием робота малой грузоподъёмности рф204м / Гомель, УО "ГГТУ им. П.О.Сухого", 2006 – 18 с;

2 Разработчик: ЦНИОКИРТК, Минвуз РСФСР / URL: https://studopedia.net/4_52058_razrabotchik-tsniokirtk-minvuz-rsfsr.html.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИИ ВАЛЬЦОВО-МАТРИЧНОГО ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРА

Кириленко А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Разработка методики инженерного анализа конструкции прессующего механизма пресс-гранулятора (ПГ) для переработки измельчённых упругопластических материалов является актуальной задачей в области отечественного машиностроения. В настоящее время отсутствуют полноценные методики расчёта конструкций ПГ, которые бы адекватно учитывали особенности взаимодействия прессуемого материала с контактными поверхностями рабочих органов, учитывали взаимосвязь параметров напряжённо-деформированного состояния прессуемого материала с его структурно-механическими свойствами и выходными параметрами процесса прессового гранулирования. Механические компоненты прессующего механизма ПГ (в частности, детали рабочих органов) в процессе его работы являются высоконагруженными, что требует проведения прочностных расчётов и оптимизации конструкции по их результатам. Решение обозначенных вопросов невозможно без применения современных систем компьютерного инженерного анализа.

На начальном этапе был проведён глубокий структурно-морфологический анализ конструкций современных вальцово-матричных прессующих механизмов, определены актуальные направления и проблемы их совершенствования с учётом инновационных технических решений, зарубежного опыта. Осуществлён подробный сравнительный анализ подходов к математическому моделированию процесса гранулирования и расчёту конструкций ПГ [1].

Следующий этап предполагает выявление закономерностей формирования напряжённо-деформированного состояния прессуемого материала в рабочем пространстве ПГ. Для этого разрабатывается модель реологических параметров прессуемого материала. Теоретически исследуется силовое взаимодействие прессуемого материала с контактными поверхностями, образующими клиновидное рабочее пространство (КРП). Анализируется напряжённое состояние прессуемого материала в фильерах матрицы в процессе экструзии. Определяются интегральные энергетические характеристики процесса гранулирования в прессующем механизме. На этом этапе методами инженерной теории пластичности была разработана комплексная математическая модель процесса. В основе модели лежит аналитическое описание напряжённо-деформированного состояния комбикорма в рабочих полостях прессующего механизма (в КРП, в фильерах кольцевой матрицы) [1]. При этом учитываются структурно-механические свойства прессуемой массы, технологические и кинематические параметры процесса, конструктивные параметры машины. Обобщающим элементом комплексной модели является модель критериев оптимизации ПГ (с

учётом комплекса накладываемых ограничений). Алгоритмы, составленные по математической модели, были реализованы в программной среде Mathcad, что упрощало процедуры настройки, отладки, тестирования и корректировки модели. При эксплуатации математической модели (адекватность которой была экспериментально установлена) на компьютере решались задачи:

– численной реализации модели с целью воспроизведения технологического процесса в ПГ, исследования свойств прессующего механизма и поведения обрабатываемого материала при заданных управляющих воздействиях;

– параметрического синтеза модели ПГ методами векторной оптимизации с целью прогнозирования оптимальных параметров и режимов его работы.

Возможности современного аппаратного и программного обеспечения смягчают ограничения на продолжительность работы и сложность алгоритмов. Это позволило нам сформулировать систему математических моделей, соответствующую сложности реального механического процесса, использовать стандартные численные методы, повысить степень точности при расчётах.

Функциональные зависимости одних параметров прессования материала от других параметров этого процесса сложны и непосредственный их анализ затруднён. Поэтому для исследования этих зависимостей численную реализацию модели целесообразно проводить по определённому плану, в том числе используя теорию оптимального планирования экстремального многофакторного эксперимента. Для получения рабочих характеристик по результатам численной реализации модели можно использовать, например, интерполяцию сплайнами.

Следующим важным этапом инженерного анализа конструкции ПГ является разработка модели его движения.

Анализ такой модели позволяет оптимизировать конструкцию прессующего механизма и других основных механизмов ПГ с точки зрения кинематических и динамических характеристик и перейти в дальнейшем к формированию конечно-элементной модели процесса прессового гранулирования с целью проведения прочностных расчётов конструкции ПГ и расчёта напряжённо-деформированного состояния прессуемого материала при его движении в КРП и фильерах матрицы.

В настоящее время широко применяются методы автоматизированного проектирования, направленные на поиск оптимальных вариантов конструкции машин.

Первый этап предполагает подготовку геометрических CAD-моделей всех компонентов прессующего механизма ПГ и объединение их в сборочную модель, определяющую относительное положение этих компонентов.

При этом желательно, чтобы все компоненты сборочной модели были связаны между собой определёнными зависимостями сборки, упрощающими последующее динамическое моделирование [2].

Современные CAD системы позволяют создавать непараметрические и параметрические модели. Наиболее эффективным является использование технологии параметрического моделирования [3]. Суть данной технологии сводит-

ся к построению геометрической модели объекта, все размеры которого прямо или косвенно связаны друг с другом и определяются набором предварительно заданных параметров. Благодаря наличию параметрических зависимостей такая модель может автоматически перестраиваться для обеспечения требуемых размеров объекта [4].

Из проведённого на начальном этапе подробного обзора современных конструкций ПГ следует, что в настоящее время в промышленности наиболее часто используются вальцово-матричные ПГ с цилиндрической кольцевой матрицей и расположенными внутри неё цилиндрическими прессующими роликами, а также ПГ с горизонтальной круглой плоской матрицей и цилиндрическими прессующими роликами [1]. При этом прессующие механизмы с кольцевой матрицей распространены в ПГ класса средней и высокой производительности, а механизмы с плоской матрицей – в ПГ класса малой производительности.

Разработка CAD-модели ПГ может быть осуществлена в различных системах трёхмерного моделирования: КОМПАС-3D, SolidWorks, Autodesk Inventor, Siemens NX и др.

Структурная схема и CAD-модель ПГ с ременным приводом с активной кольцевой матрицей и пассивными прессующими роликами представлена на рисунке 1.

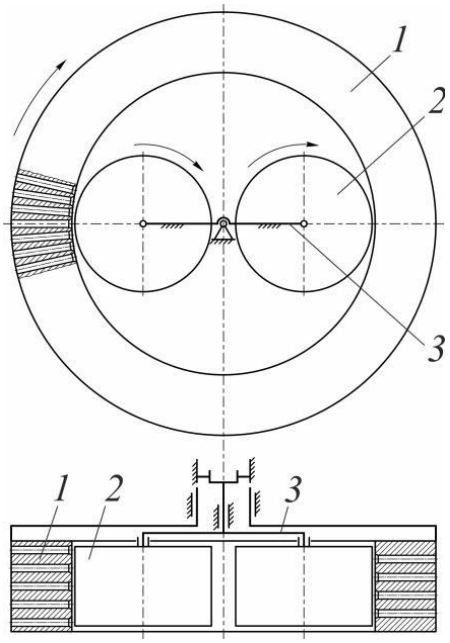
Нами предложена универсальная конструкция силоизмерительного прессующего ролика [5], в обечайку которого встроено одно или несколько (с разным расположением несущих штифтов вдоль её образующих) силоизмерительных устройств для определения контактных радиальных напряжений в КРП. При этом актуальным является анализ чувствительности тензометрических элементов и оптимизация конструкции силоизмерительного прессующего ролика. С этой целью разработана CAD-модель такого прессующего ролика.

Разработка методики инженерного анализа конструкции прессующего механизма ПГ с учётом проблемы бокового выдавливания и возможности её устранения предполагает не только построение модели движения основных механизмов ПГ, но и построение конечно-элементной модели процесса прессового гранулирования, проведение анализа напряжённо-деформированного состояния прессуемого материала как квазиизотропной упругопластической уплотняемой среды, анализа напряжённо-деформированного состояния механических компонентов ПГ, выявление резервов повышения производительности и снижения энергоёмкости ПГ при сохранении габаритных размеров конструкции и требуемого качества гранул.

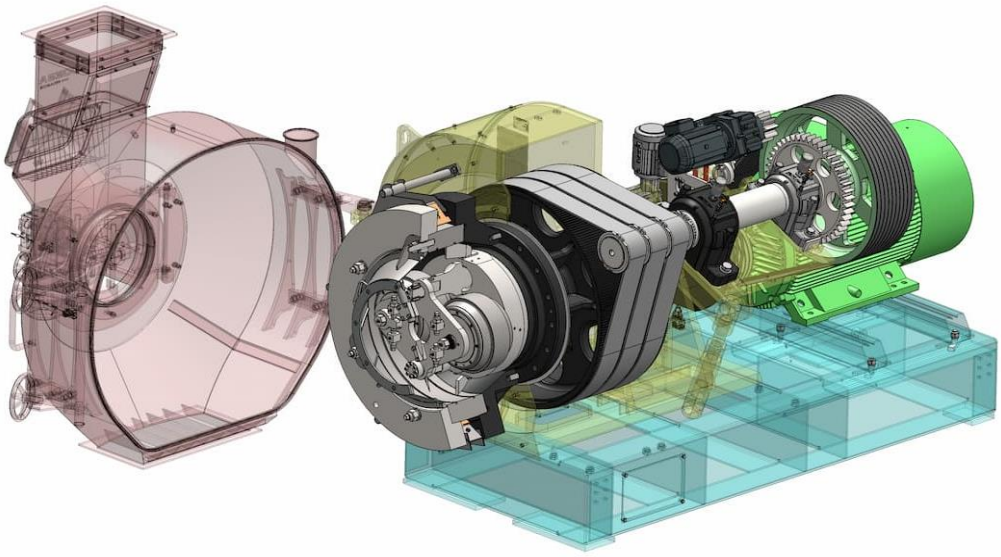
Для построения конечно-элементной модели процесса взаимодействия прессуемого материала с рабочими органами ПГ с кольцевой матрицей разработаны CAD-модели, которые включают: элементы прессующего механизма, образующие КРП; слой прессуемого материала; материал, запрессованный в фильеры матрицы. Один из вариантов представлен на рисунке 2.

Трёхмерные CAD-модели не только позволяют оценить конструкцию проектируемого изделия ещё до создания его первого физического образца, но и служат виртуальной основой для моделирования поведения изделия в реаль-

ных условиях эксплуатации. Таким образом, CAD-модели могут использоваться для построения динамических моделей при симуляции многотельных механических систем (в частности, ПГ), построения конечно-элементных моделей при проведении прочностного анализа и решения других задач инженерного анализа, реализуемого программными инструментами CAE систем [2, 6-9].



а



б

1 – активная матрица; *2* – прессующий ролик; *3* – неподвижное водило

Рисунок 1 – Структурная схема (*а*) и CAD-модель (*б*) ПГ с цилиндрической кольцевой матрицей с внутренней контактной поверхностью

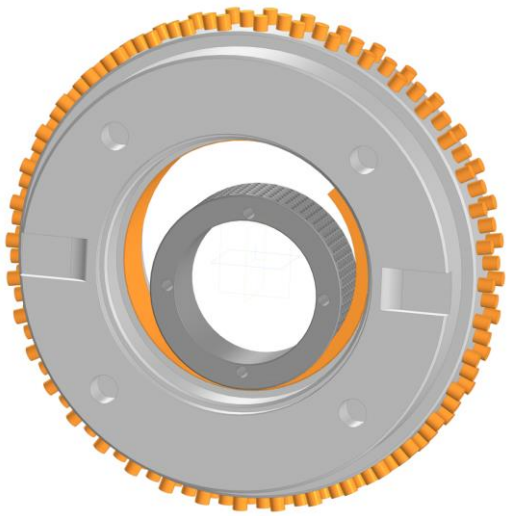


Рисунок 2 – CAD-модель элементов рабочих органов ПГ, взаимодействующих с прессуемым материалом при его движении в рабочих полостях прессующего механизма

Второй этап предполагает построение модели движения основных механизмов ПГ с применением компьютерного моделирования кинематики и динамики многотельных механических систем.

Компьютерное моделирование кинематических и динамических характеристик механизмов и исполнительных устройств машин различного назначения на стадии их проектирования и совершенствования позволяет определить, насколько эффективно будет функционировать проектируемая машина в реальных условиях и предпринять при необходимости корректирующие действия, чтобы обеспечить правильность работы, прочность и долговечность входящих в её состав механизмов и их компонентов.

Современные системы компьютерного инженерного анализа на основе моделирования движения позволяют решать кинематические задачи, динамические задачи и задачи синтеза или проектирования [4; 10].

Так, в системе Autodesk Inventor для моделирования динамического поведения механических систем предназначен программный модуль Dynamic Simulation. При моделировании кинематики и динамики многотельных механических систем в программной среде автоматизированной системы Siemens NX используются модули Simcenter 3D Motion и NX Motion. При этом рабочая модель может быть как упрощённой и иметь ряд допущений, так и быть максимально приближенной к реальности [11].

Разработанная сборочная модель ПГ позволяет выполнить симуляцию кинематики путём построения расчётной модели, основанной на системе жёстких тел, связанных между собой соединительными элементами различного типа.

Третий этап предполагает проведение анализа кинематики и динамики. В результате решения построенной модели движения могут быть получены различные кинематические и динамические характеристики механизмов ПГ. Так, например, в работе [12] представлены результаты исследования движения

прессующего механизма ПГ с кольцевой матрицей, выполненного в программном модуле SolidWorks Motion. Подробные результаты динамического анализа приведены в работе [13] при исследовании крутильных колебаний в ПГ с кольцевой матрицей.

При использовании инструмента трассировки в процессе анимации можно, например, изучить траекторию движения точек поверхности обечайки прессующего ролика относительно контактной поверхности матрицы (рисунок 3), что позволяет уточнить режимы работы ПГ в условиях относительного скольжения прессующих роликов. Как видно из рисунка 3, эта траектория в прессующем механизме с плоской матрицей представляет собой циклоиду.

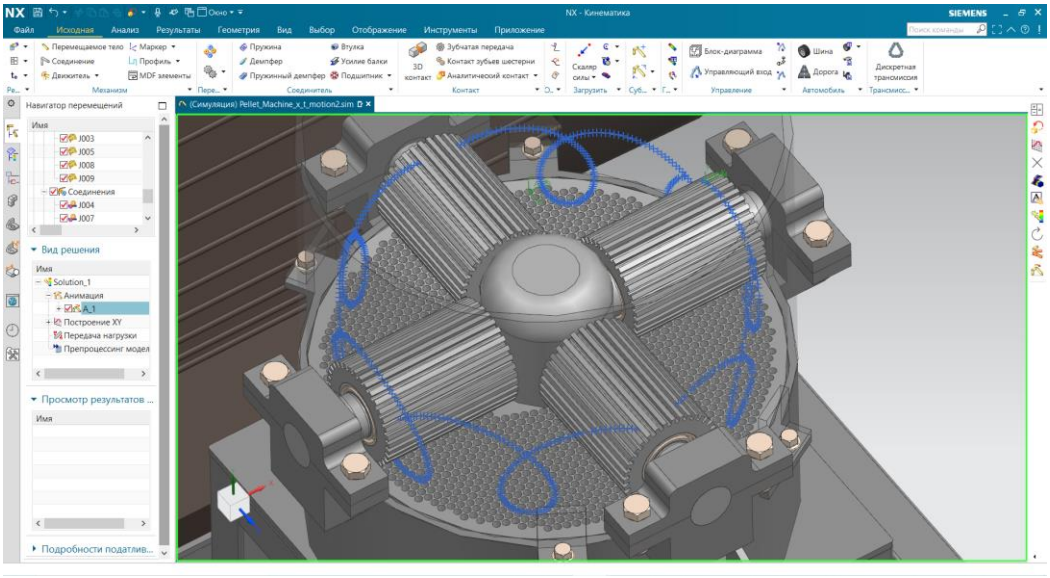


Рисунок 3 – Результат применения трассировки в процессе анимации

Получаемые кинематические характеристики являются основой для построения более полной динамической модели ПГ, определения инерционных нагрузок и реакций в шарнирах, проведения прочностных расчётов, уточнения механизма перераспределения энергии между активной матрицей, слоем прессуемого материала и пассивным прессующим роликом и др.

С целью уточнения и более глубокого изучения механизмов взаимодействия прессуемого материала с рабочими органами ПГ проводится конечно-элементное моделирование процесса гранулирования. При разработке конечно-элементных моделей процесса гранулирования средствами современных CAE систем (ANSYS, DEFORM-3D и др.) необходимо учитывать, что основные сложности реализации метода конечных элементов связаны с адекватным выбором граничных условий, условий на контактных поверхностях и условий пластичности, а также необходимостью разработки оригинальной реологической модели прессуемого материала.

Разработка методики инженерного анализа конструкции ПГ позволит усовершенствовать процесс проектирования, что особенно актуально в условиях решения задач по импортозамещению продукции, производимой ПГ, и по

импортозамещению непосредственно самого прессового оборудования.

Список литературы

1 Кириленко, А. С. Прессующий механизм гранулятора кормов с торцевым ограничением клиновидного рабочего пространства: дис. … канд. техн. наук: 05.02.13 / А. С. Кириленко. – Оренбург, 2019. – 296 с.

2 Каменев, С. В. Моделирование многотельных механических систем в «Autodesk Inventor» / С. В. Каменев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 125 с.

3 Рязанов, А. И. Параметрическое твердотельное CAD моделирование в Siemens NX / А. И. Рязанов, Е. С. Горячкин, В. С. Мелентьев. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 164 с.

4 Каменев, С. В. Инженерный анализ механизмов в системе моделирования движения «Siemens NX» / С. В. Каменев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 120 с.

5 Пат. RU 2583978 C1. Силоизмерительный прессующий ролик пресс-гранулятора / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков. – № 2014147926/02; заявл. 27.11.2014; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 13. – 15 с.

6 Shi, S. Mechanical model establishment and finite element analysis of ring die in pelletizing / S. Shi, K. Wu, A. Jiang // Machinery Design & Manufacture, 2011, vol. 1, pp. 38-40.

7 Celik, H. K. Determination of the Failure Susceptibility of a Flat Die Used in Biomass Pelletizing Machines by Means of FEA-Based Design Exploration / H. K. Celik, H. Yilmaz, A. E. W. Rennie et al. // Journal of Failure Analysis and Prevention, 2018, vol. 18, pp. 1099-1110.

8 Macko, M. Simulations CAE of wood pellet machine / M. Macko, A. Mroziński, A. Prentki // MATEC Web of Conferences 254, 02028 (2019).

9 Liu, J. Modelling and simulation of extrusion force in biomass pelletisation by ring die pellet mill / J. Liu, R. Na, H. Cen // International Journal of Simulation and Process Modelling, 2020, vol. 15, iss. 5, pp. 484-490.

10 De Jalon, J. G. Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems. The Real-Time Challenge / J. G. de Jalon, E. Bayo. – New York: Springer-Verlag, 1994. – 440 p.

11 Ветохин, В. В. Кинематический анализ авиационных механизмов в системе NX / В. В. Ветохин, А. Ю. Мануковский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 4(3). – С. 615-618.

12 Macko, M., Mroziński, A. (2019). Computer Aided Design of Wood Pellet Ma-chines. In: Rusiński, E., Pietrusiak, D. (eds) Proceedings of the 14th International Scientific Conference: Computer Aided Engineering. CAE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04975-1_53.

13 Na, R. Random Dynamic Analysis of Ring Die Pellet Mill / R. Na, J. Liu, H. Cen // International Journal of Performability Engineering, 2019, vol. 15, iss. 2, pp. 362-373.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕССУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ГРАНУЛЯТОРА С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ

Кириленко А.С., канд. техн. наук, Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При прессовом гранулировании квазиизотропных уплотняемых упруго-пластических материалов на контактных поверхностях рабочих органов прессующего механизма гранулятора с кольцевой матрицей возникают нормальные и касательные напряжения, изменяющиеся по сложному нелинейному закону в тангенциальном направлении и по ширине клиновидного рабочего пространства (КРП) [1, 2]. Это обусловлено особенностями геометрии КРП, механизмом реализации прокатывающего воздействия на слой прессуемого материала, условиями его экструзии в фильеры матрицы, нелинейностью его структурно-механических (реологических) свойств в условиях нагружения. Контактные напряжения характеризуют напряжённое состояние приконтактной части слоя прессуемого материала, которое является внутренней характеристикой процесса и отражает энергетическое состояние материала при его движении в рабочих полостях прессующего механизма (в КРП, в полости утечек через торцевой зазор при создании замкнутого КРП, в фильерах матрицы). При торцевом ограничении КРП формируется оптимальная схема напряжённо-деформированного состояния шихты, изменение этой схемы существенно влияет на выходные характеристики процесса.

Корректная экспериментальная оценка контактных напряжений в КРП является актуальной задачей при исследовании закономерностей рабочего процесса в грануляторе, проектировании и инженерном анализе конструкции прессующего механизма, обосновании оптимальных производственных режимов процесса прессования [3].

Определение напряжённого состояния шихты важно как с точки зрения его влияния на производительность и энергоёмкость гранулятора, прочностные свойства гранул, так и с учётом необходимости обеспечения прочности деталей рабочих органов [2]. Например, в изготавливаемых промышленностью грануляторах процесс прессования регулируют по силе тока, потребляемого электродвигателем, которая пропорциональна потребляемой электродвигателем мощности и развиваемому крутящему моменту. Для предотвращения чрезмерных нагрузок вводятся устройства, ограничивающие предельный крутящий момент. Однако такого регулирования процесса недостаточно, так как при незначительной мощности, потребляемой на гранулирование, и, следовательно, небольшом крутящем моменте давление на рабочие органы может превзойти допускаемое значение, а удельные энергозатраты в режиме минимального потребления энергии могут быть экономически необоснованными.

На практике известны различные методы измерения местных контактных напряжений. Метод штифтовых датчиков (точечных месдоз) широко применяется в обработке металлов давлением (при исследовании процессов осадки, прокатки) [4, 5]. Для измерения нормальных и касательных напряжений вращающимися цилиндрическими рабочими органами помимо точечных месдоз используют трёхкомпонентные штифты, разрезной инструмент и др. [5-7]. Разработаны конструкции измерительных устройств для валковых прессов [8, 9] и грануляторов [10, 11].

При разработке силоизмерительного устройства, исходя из особенностей реализации рабочего процесса в грануляторах с кольцевой матрицей, необходимо учитывать следующие требования:

– в современных прессах экструзионного типа кольцевая матрица – это толстостенное кольцо, перфорированное сквозными цилиндрическими фильерами с минимальными перемычками между ними; встраивание силоизмерительного устройства в виде точечной месдозы в одну из фильер или в ряд фильер (эти фильеры станут заблокированными) будет нарушать течение материала в КРП, напряжения в этом случае будут измеряться в условиях только внутренней прокатки без осуществления экструзии;

– встраивание в кольцевую матрицу тензометрической фильеры, через которую будет осуществляться процесс экструзии, возможно для матриц с одним рядом фильер достаточно большого диаметра (например, в брикетных прессах), но невозможно (без нарушения работоспособности соседних фильер) для современных матриц грануляторов, имеющих до нескольких тысяч фильер и максимальный (с учётом прочности матрицы) коэффициент живого сечения;

– наиболее рациональным является размещение силоизмерительного устройства в прессующем ролике; оптимальная конструкция и компоновка деталей прессующего ролика накладывает ограничения на размеры силоизмерительного устройства; для обеспечения требуемой долговечности в прессующем ролике применяют подшипники большой грузоподъёмности, следовательно, для их размещения внутри обечайки прессующего ролика с максимально возможным диаметром (исходя из диаметра матрицы) толщина обечайки при необходимой прочности сведена к минимуму;

– силоизмерительное устройство за счёт оптимального конструктивного исполнения должно иметь достаточную чувствительность при минимальной погрешности измерения напряжений;

– элементы силоизмерительного устройства, контактируемые с прессуемым материалом, не должны нарушать условия трения на контактных поверхностях;

– силоизмерительное устройство должно обеспечивать измерение локальных контактных напряжений (а не среднего напряжения для некоторой части контактной поверхности) с возможностью получения их распределения в очаге деформации.

Предлагаемые в работах [10-12] устройства не отвечают сформулированным требованиям. В работе [10] контактные нормальные напряжения в КРП

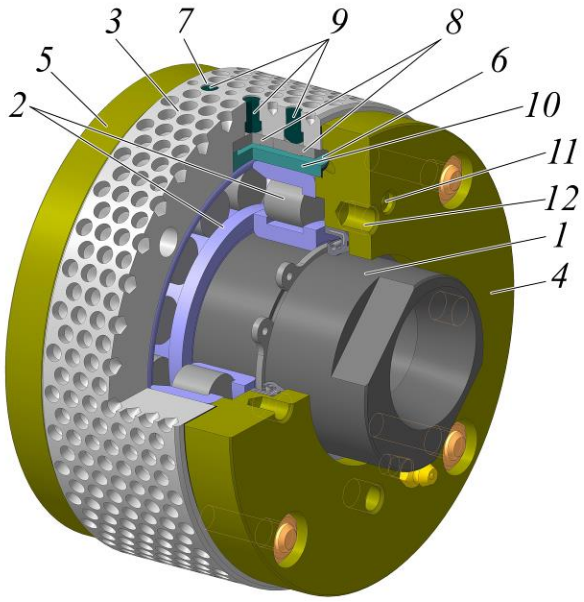
гранулятора измеряются при помощи измерительных штифтов, установленных в фильеры кольцевой матрицы. Давление прессования определяется над «непроницаемыми» для прессуемого материала фильерами, полученная силовая характеристика не отражает реальную картину при гранулировании, а соответствует недопустимому (фактически аварийному) режиму «самозаклинивания» фильер. Результаты измерения напряжений, полученные с помощью гладкого прессующего ролика с точечной месдозой и качающимся штифтом [10], также нельзя считать корректными, поскольку условия эксперимента не соответствуют действительным условиям прессования, когда прессующие ролики всех промышленных грануляторов имеют на наружной поверхности неровности в виде рифлей или несквозной перфорации (контактные касательные напряжения максимальны и приближены к предельному напряжению сдвига для прессуемого материала). В работах [11, 12] для определения контактных нормальных напряжений в центральном продольном сечении КРП предложена конструкция прессующего ролика со встроенным упругим штифтом, который работает на сжатие и является одновременно тензометрическим и несущим элементом. Неизбежно возникающие при таком исполнении поперечные силы и изгибающие моменты существенно повышают погрешность в измерении радиальных сил. При необходимой продольной устойчивости такое тензозвено может иметь недостаточную чувствительность.

Для лабораторной установки прессового гранулирования (на базе гранулятора класса малой производительности) нами разработана конструкция тензометрического прессующего ролика, представленная на рисунке 1. Прессующий ролик такой конструкции успешно применён при исследовании процесса гранулирования упругопластических растительных материалов [2, 3, 13].

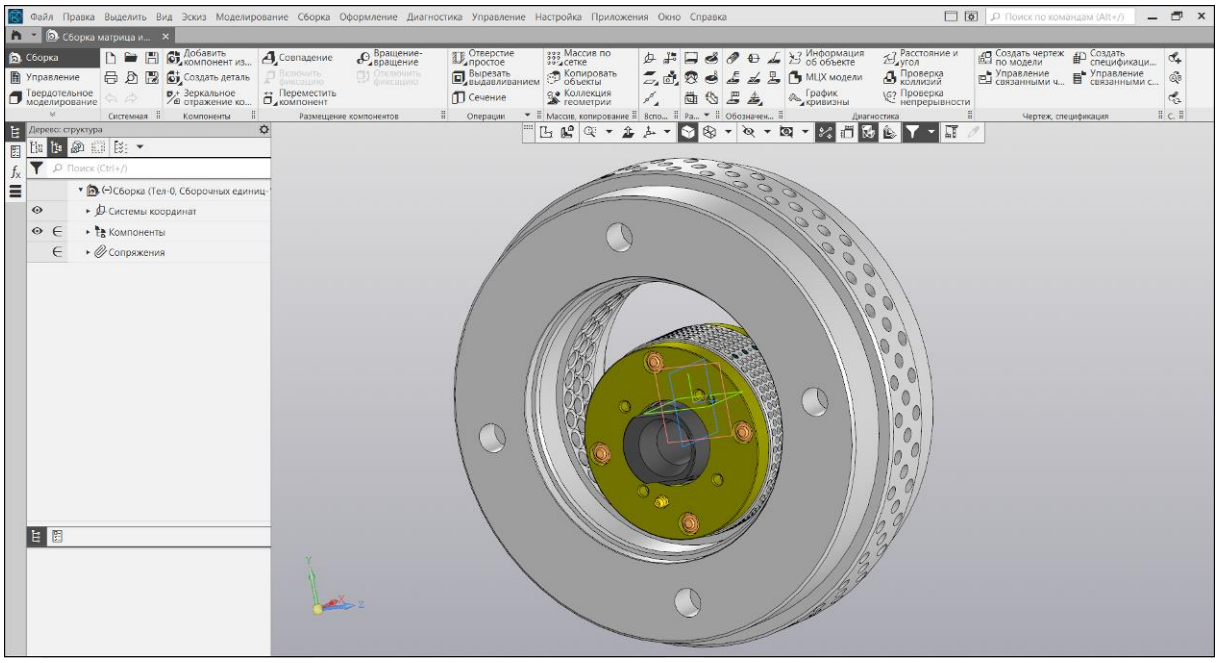
В соответствии с рисунком 1 силоизмерительный модуль размещён в цилиндрической обечайке прессующего ролика во внутреннем продольном сквозном пазу. В плоском основании паза по его длине выполнены три сквозных ступенчатых цилиндрических радиальных канала. Оси каналов находятся в разных продольных сечениях обечайки, совпадают с продольной плоскостью симметрии паза и перпендикулярны его основанию. Силоизмерительный модуль образован тремя двухопорными тензометрическими пластинами, тремя несущими штифтами и общей для всех тензопластин опорой. Каждый несущий штифт установлен с кольцевым зазором до 0,05 мм в соответствующий радиальный канал и опирается сферической головкой на тензопластину с наклеенным на её поверхность, обращённую к опоре, активным тензорезистором. При вращении обечайки несущие штифты в каждом поперечном сечении КРП воспринимают со стороны прессуемого материала силы нормального давления и передают их тензопластинам. Под действием радиальной силы несущий штифт может свободно перемещаться на микрорасстояние, равное прогибу тензопластины вследствие её упругой деформации. Минимальный диаметр площадок рабочих торцов штифтов обеспечивает необходимую чувствительность силоизмерительного модуля [2].

Использование нескольких обечаек с разным расположением по длине

паза каналов под несущие штифты или применение универсальной конструкции тензометрического прессующего ролика [14] позволяет увеличить число экспериментальных продольных сечений КРП (рисунок 2, *а*).



а

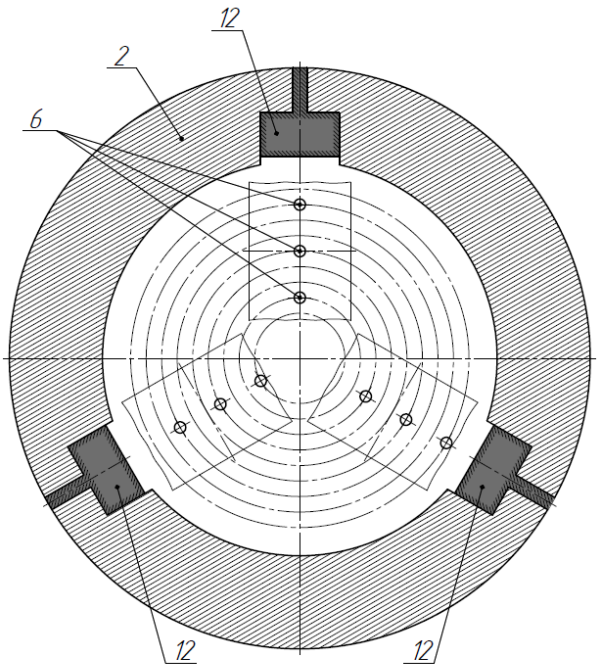


б

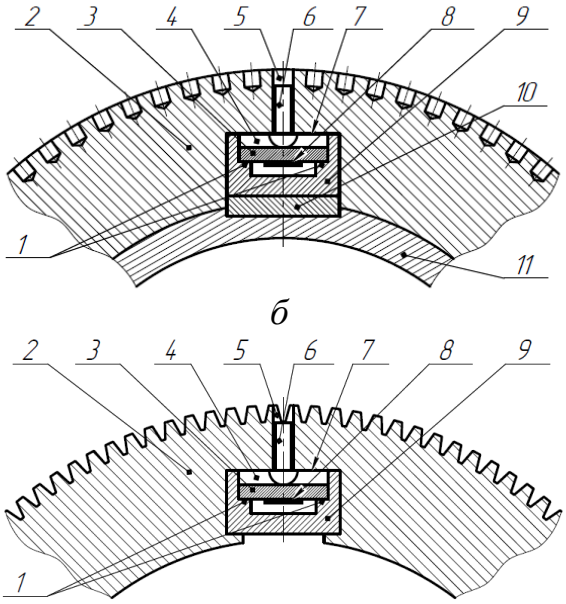
1 – эксцентриковая ось; *2* – подшипники; *3* – обечайка с несквозной перфорацией; *4*, *5* – торцевые крышки; *6* – продольный паз в обечайке; *7* – радиальный канал под несущий штифт; *8* – тензопластины с тензорезисторами; *9* – несущие штифты; *10* – опора тензопластин; *11* – канал для проводников от тензорезисторов; *12* – резьбовые отверстия для крепления стоек

Рисунок 1 – CAD-модели тензометрического прессующего ролика (*а*) и КРП прессующего механизма одновальцового лабораторного гранулятора (*б*)

Рабочие торцы штифтов относительно контактной поверхности обечайки



утоплены вплоть до уровня основания неровностей (рисунок 2, *б*, *в*). При этом учитывается разница давлений на контактной поверхности и на дне образуемого углубления, заполненного прессуемой массой.



а *в*

1 – выступы опоры; *2* – обечайка; *3* – тензопластины; *4* – продольный сквозной паз; *5* – радиальные каналы; *6* – несущие штифты; *7* – основание паза; *8* – тензорезисторы; *9* – опора тензопластин; *10* – элементы для фиксации опоры; *11* – дистанционная втулка; *12* – силоизмерительный модуль

Рисунок 2 – Размещение нескольких силоизмерительных модулей (*а*) в прямоугольном (*б*) и Т-образном (*в*) пазах в обечайке [14]

Для измерения нормальных осевых напряжений в слое прессуемого материала в замкнутом КРП, установления их связи с радиальными напряжениями и определения нагрузки на торцевые ограничительные элементы разработана конструкция силоизмерительного ограничительного кольца (рисунок 3) с возможностью размещения силоизмерительных модулей с разным уровнем расположения оси несущего штифта относительно поверхности матрицы.

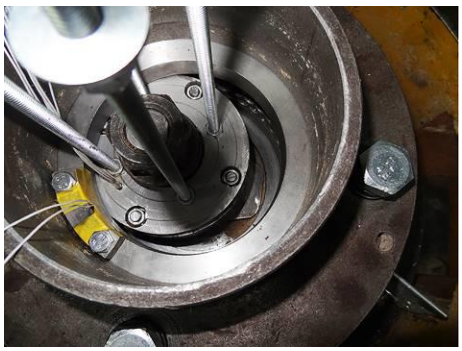
Для обеспечения работы предварительно тарированных тензозвеньев силоизмерительных модулей прессующего ролика и ограничительного кольца спроектирована информационно-измерительная система (ИИС) на базе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с твердотельным накопителем или модулем беспроводной связи с компьютером. В данном случае АЦП играет роль бесконтактного цифрового токосъёмника.

Каждое тензозвено силоизмерительного модуля прессующего ролика че-

рез усилитель по мостовой схеме подключается к дифференциальному измерительному каналу АЦП. Усилители и АЦП имеют автономные блоки питания. Аппаратура вынесена за пределы КРП на платформу, жёстко связанную с прессующим роликом стойками. Вихретоковый преобразователь необходим для фиксации на осциллограммах положения минимального радиального зазора.

Компоненты ИИС для ограничительного кольца закреплены на элементах прессующего механизма, жёстко связанных с приводной матрицей.

а



б

1 – торцевой ограничительный элемент; 2 – тензопластина; 3 – опора тензопластины; 4 – крепёжный болт; 5 – несущий штифт; 6 – канал штифта

Рисунок 3 – Устройство (*а*) силоизмерительного ограничительного кольца и его размещение (*б*) в прессующей секции

Измерительные каналы модулей АЦП обоих силоизмерительных рабочих органов синхронизированы.

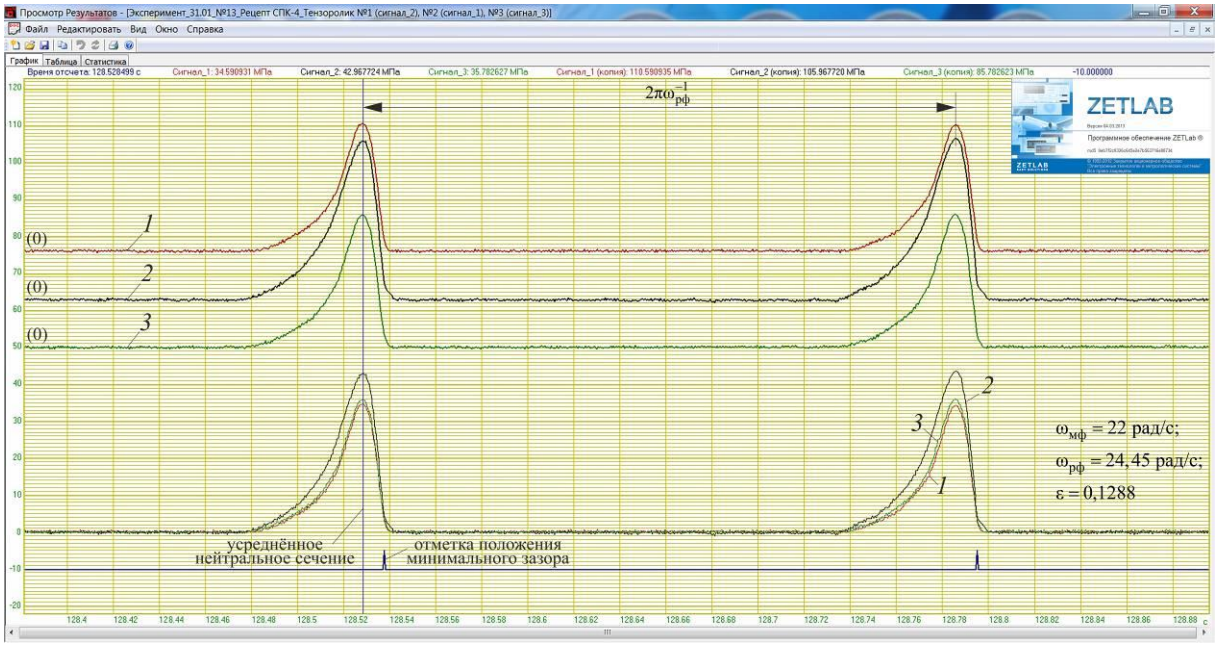
На рисунке 4 показан пример осциллограмм, снимаемых с тензометрического прессующего ролика. Методика построения на основе полученных осциллограмм экспериментальных распределений контактных нормальных и касательных напряжений предложена нами в работе [2].

Успешный опыт применения разработанного аппаратурного обеспечения позволяет отметить ряд его преимуществ и возможностей использования:

– компактность силоизмерительных модулей, при этом функции элементов, передающих усилия, и функции тензоэлементов конструктивно разделены;

– за счёт применения тензопластин, работающих на изгиб (оптимально при измерении нагрузки до 5 кН [15]), и несущих штифтов, обладающих достаточной продольной устойчивостью, обеспечивается точность измерения радиальных напряжений;

– определение непосредственно в процессе гранулирования изменения давления в КРП как в тангенциальном направлении, так и по ширине цилиндрических рабочих органов (в разных его продольных и поперечных сечениях) с учётом фактических осевых напряжений;



1, *3* – крайние продольные сечения; *2* – центральное продольное сечение

Рисунок 4 – Осциллограммы (по оси ординат – показания тензодатчика, по оси абсцисс – время отсчёта) нормальных напряжений на контактной поверхности тензоролика в незамкнутом КРП

– исследование механизма и условий формирования прессуемого слоя;

– определение фактической радиальной высоты (толщины) слоя прессуемого материала в начале зоны отставания и её равномерности по ширине КРП;

– получение массивов данных, которые путём двумерной сплайн-аппроксимации удобно представить в виде непрерывных функций, задающих поверхности отклика для контактных радиальных напряжений;

– определение фактических координат граничных сечений и размеров зон КРП;

– оценка действительного распределения контактных касательных напряжений в КРП косвенными экспериментально-теоретическими методами (путём численного дифференцирования эпюр измеренных нормальных напряжений);

– оценка давления экструзии (сопротивления фильер);

– оценка напряжённого состояния прессуемого материала над перемычками между фильерами;

– определение сопротивления боковому выдавливанию;

– оценка напряжённого состояния прессуемого материала в торцевом зазоре;

– идентификация и верификация математической модели напряжённого состояния в КРП;

– исследование механизма перераспределения энергии между приводной матрицей, слоем прессуемого материала и неприводным прессующим роликом;

– разработка механизмов ограничения и регулирования силы давления на рабочие органы прессующего механизма, систем автоматического регулирования минимального радиального зазора, систем контроля и предотвращения скольжения прессующих роликов.

Силоизмерительные рабочие органы гранулятора могут быть использованы для широкого спектра уплотняемых упругопластических материалов в научно-исследовательских целях, а также могут быть интегрированы в систему управления рабочим процессом промышленных грануляторов.

Список литературы

1 Кириленко, А. С. Математическое моделирование рабочего процесса в вальцово-матричном пресс-грануляторе с торцевым ограничением клиновидного пространства / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2012. – № 75 (01). – С. 132-155.

2 Кириленко, А. С. Прессующий механизм гранулятора кормов с торцевым ограничением клиновидного рабочего пространства: дис. … канд. техн. наук: 05.02.13 / А. С. Кириленко. – Оренбург, 2019. – 296 с.

3 Кириленко, А. С. Экспериментальные исследования напряжённого состояния слоя комбикорма в клиновидном рабочем пространстве пресс-гранулятора / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015. – № 6 (663). – С. 52-65.

4 Унксов, Е. П. Инженерная теория пластичности. Методы расчёта усилий деформирования / Е. П. Унксов. – М.: Машгиз, 1959. – 328 с.

5 Никитин, Г. С. Теория непрерывной продольной прокатки / Г. С. Никитин. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 399 с.

6 Грудев, А. П. Внешнее трение при прокатке / А. П. Грудев. – М.: «Металлургия», 1973. – 288 с.

7 Клименко, П. Л. Контактные напряжения при прокатке: монография / П. Л. Клименко, В. Н. Данченко. – Днепропетровск, Пороги, 2007. – 292 с.

8 Bindhumadhavan, G. Roll Compaction of a Pharmaceutical Excipient: Experimental Validation of Rolling Theory for Granular Solids / G. Bindhumadhavan, J. P. K. Seville, M. J. Adams, R. W. Greenwood, S. Fitzpatrick // Chemical Engineering Science, 2005, vol. 60, pp. 3891-3897.

9 Salman, A. D. Handbook of Powder Technology. Vol. 11: Granulation / A. D. Salman, M. J. Hounslow, J. P. K. Seville (ed.). Oxford: Elsevier, 2007, 1402 p.

10 Schwanghart, H. Messung und Berechnung von Druckverhaeltnissen und Durchsatz in einer Ringkoller-Strangpresse / H. Schwanghart // Aufbereitungs-Technik, 1969, bd. 10, nr. 12, s. 713-722.

11 Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.

12 Некрашевич, В. Ф. Научно-техническое обоснование технологии и средств механизации приготовления кормовых гранул и брикетов с заданными физико-механическими свойствами: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / В. Ф. Некрашевич. – Рязань, 1982. – 512 с.

13 Кириленко, А. С. Исследование рабочего процесса пресс-гранулятора кормов с применением современных информационных технологий / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сборник научных докладов Международной научно-технической конференции / ВНИИ механизации сельского хозяйства РАН. – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. – С. 455-460.

14 Пат. RU 2583978 С1. Силоизмерительный прессующий ролик пресс-гранулятора / А. С. Кириленко, И. Т. Ковриков. – № 2014147926/02; заявл. 27.11.2014; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 13. – 15 с.

15 Тензометрия в машиностроении: справочное пособие / под ред. Р. А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Китченко В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизированная система контроля и управления электропотреблением до сих пор является невероятно актуальной в промышленной сфере. Так как решения для хранения большого количества электроэнергии человечество ещё не изобрело, мы можем лишь рационально её использовать. А для этого за потреблением электроэнергии необходимо следить, в чём и помогает рассматриваемая система контроля и управления электропотреблением.

Системы автоматического учета позволяют избавиться от ручного труда, ошибок человеческого фактора из-за неверного сбора данных, и самое главное - обеспечивают точный и постоянный сбор данных по всем электросчетчикам в сети, эффективно управлять своим энергопотреблением, что приводит к снижению издержек, повышению производительности и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Именно благодаря автоматизации этих систем, можно значительно улучшить само производство или снизить стоимость продукции, грамотно распределяя энергопотребление всего предприятия.

Автоматизация систем контроля и управления электропотреблением в промышленности включает в себя широкий спектр технологий, методов и систем, направленных на наблюдение, анализ и уменьшение потребляемой электроэнергии. Среди ключевых аспектов данной темы можно выделить внедрение современных систем мониторинга электропотребления и оптимизации нагрузки, интеграцию с облачными платформами и использование аналитических инструментов для выявления областей потенциальной энергоэффективности.

Всё больше различных технических систем появляется на предприятиях, как и требований к условиям среды внутри помещений и сбережению ресурсов, поэтому требуется собирать, обрабатывать и анализировать огромный поток информации технической и экономической в том числе. Решить подобные проблемы эффективно и менее ресурсозатратно возможно автоматизировав необходимые процессы сбора и дальнейшей обработки данных о потреблении энергоресурсов [1]. Поэтому одной из ключевых составляющих автоматизации является внедрение современных средств измерения и мониторинга электроэнергии. Они обеспечивают мониторинг и отчетность потребления электроэнергии в режиме реального времени путем автоматического сбора данных с электросчетчиков. Затем информация передается в централизованную базу данных, где к ним может получить доступ уполномоченный персонал. Система поддерживает как проводные, так и беспроводные протоколы связи, что позволяет удаленно собирать данные со счетчиков, установленных в разных и иногда труднодоступных местах.

Сами счетчики позволяют получать точную и постоянную информацию о расходе электроэнергии, что помогает выявлять области избыточного её потребления и оптимизировать эти процессы [2]. Плюс ко всему с помощью постоянного наблюдения система может серьёзно обезопасить производство, выявив сбои в подаче электроэнергии и участки возникновения аварий. Также стоит отметить, что такие счётчики позволяют вести учет качества предоставляемой электроэнергии, предотвращая её недобросовестную поставку на предприятие [3].

Еще одним важным аспектом автоматизации является внедрение систем управления энергопотреблением в офисы, склады и прочие вспомогательные зоны. Современные системы могут оперативно отреагировать на изменения в потреблении и осуществлять автоматическую настройку систем отопления, кондиционирования воздуха, освещения и других энергопотребляющих устройств. Они могут автоматически перераспределять нагрузку в сети или находить участки с перепадами напряжения, что позволяет снизить вероятность перегрузок и повреждений оборудования. Это тоже позволяет значительно снизить избыточное потребление энергии и расходы на неё, а также значительно обезопасить данные помещения.

Такие системы активно используются в комплексах «умный дом», где основная часть взаимодействия всех электроприборов возлагается на автоматизацию контроля электропитания [4]. Способности системы электропитания «умного дома» позволяют контролировать и распределять нагрузки, продлевать срок службы электроприборов, экономить затраты на электроэнергию, своевременно отключая неиспользуемые приборы, или плавно менять напряжение в системе освещения в зависимости от приоритета отключения при перегрузе электросети. Они имеют защиту от короткого замыкания, равномерно распределяют по сети и балансируют электронагрузку, а также могут сглаживать колебания напряжения.

На рисунке 1 наглядно можно увидеть как подключён целый комплекс таких «умных домов».

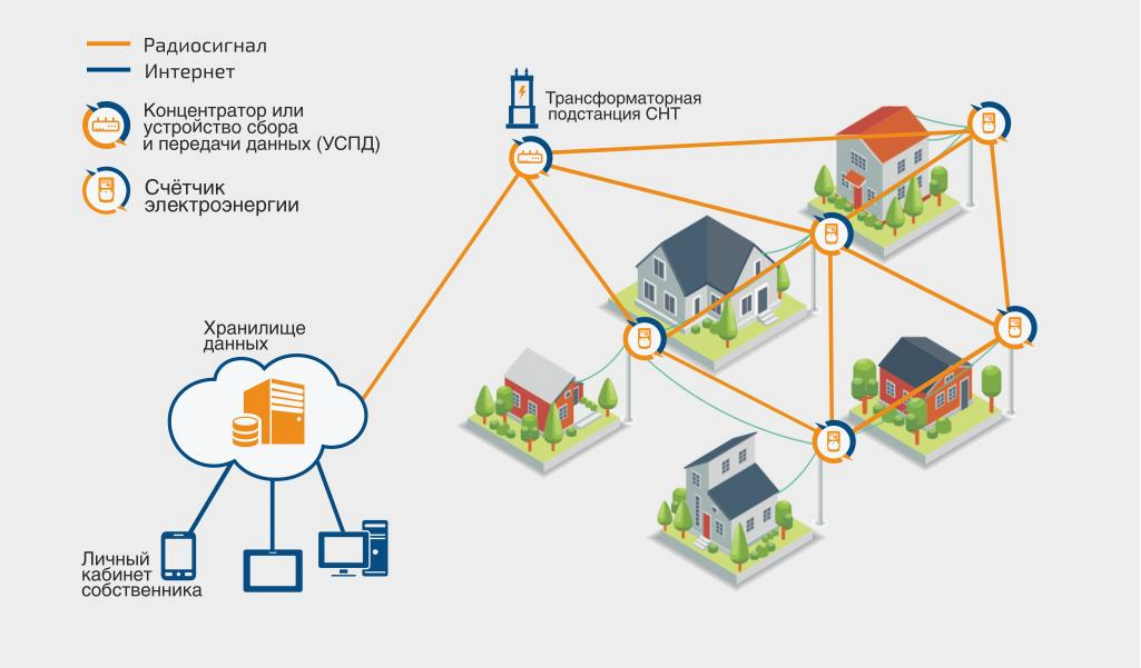


Рисунок 1 – Схема АСКУЭ в жилом комплексе садового некоммерческого товарищества

По сути система мониторинга потерь электрической энергии (СМПЭЭ) - это отдельная система технического, информационного, методического, программного и организационного обеспечения предназначенного для оперативного расчета и анализа технологической составляющей потерь электрической энергии, представляет собой программно-вычислительный комплекс (ПВК), позволяющий производить мониторинг потерь электрической энергии и выявлять «очаги» сверхнормативных потерь электрической энергии. ПВК проводит сбор и обработку большого объема информации о режимах работы электрической сети, установленном электрооборудовании, схемах электроснабжения, позволяет решить данную проблему за счет организации автоматического ввода информации от систем учета электрической энергии, систем телемеханики и телеизмерений, что позволяет оператору системы освободиться от ручного ввода информации и заниматься выявлением мест сверхнормативных потерь электрической энергии, своевременно разрабатывать и успешно применять мероприятия, направленные на оптимизацию режимов работы электрических сетей и снижение потерь электрической энергии [5].

Примерное подключение данных систем можно заметить на рисунке 2.

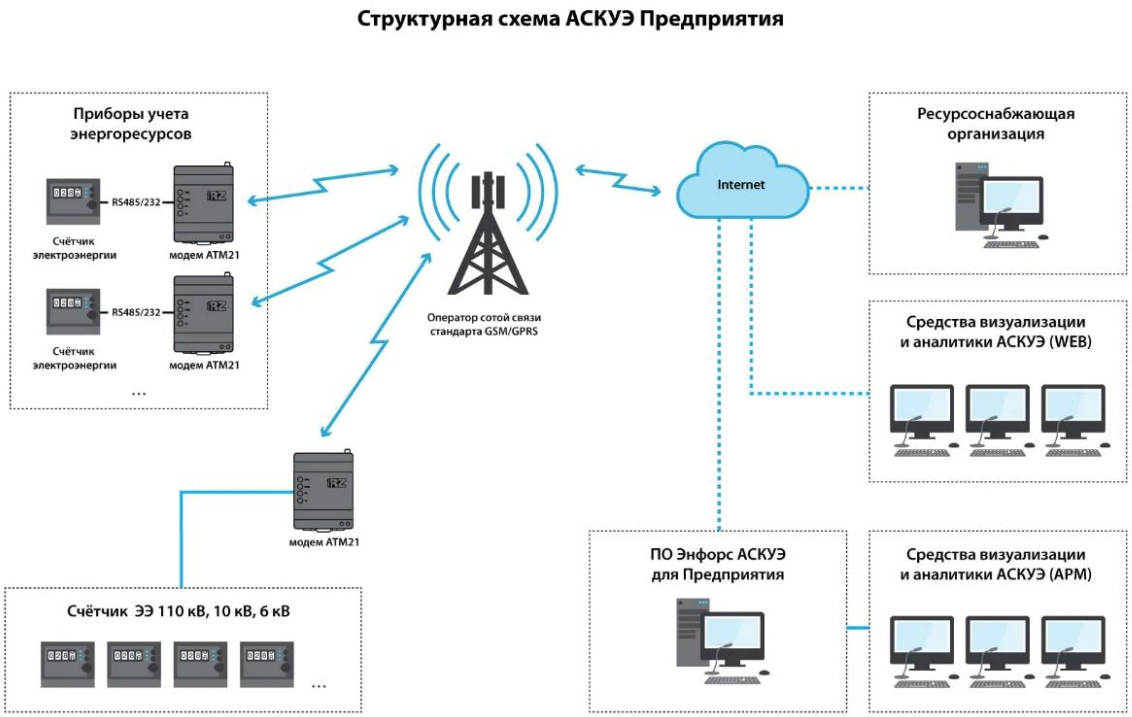


Рисунок 2 – Структурная схема АСКУЭ на предприятии

Анализ структуры потерь электрической энергии большинства региональных сетевых компаний показывает, что основной составляющей потерь электрической энергии, являются потери, вносимые промышленными предприятиями, что в свою очередь позволяет на основе мониторинга потерь электрической энергии реализовывать соответствующие организационно-технические мероприятия, направленные на снижение технических потерь электрической энергии.

Нужно так же учитывать и глобальный плюс внедрения этих систем с точки зрения экологии. Из-за усиления требований к сокращению энергопотребления и экологической неустойчивости, система контроля и управления электропотреблением становится неотъемлемой частью современной промышленной инфраструктуры. Успешное их внедрение сможет значительно снизить расходы на электроэнергию, повысить эффективность производства и в целом способствовать экономической и экологической устойчивости предприятия. И если учитывать тот факт, что к внедрению данной автоматизации стремятся все активно развивающиеся страны, то можно с уверенностью говорить о том, что это крайне положительно скажется на окружающей среде.

В целом, автоматизация систем контроля и управления электропотреблением оказывает заметное влияние на снижение издержек на электроэнергию и позволяет повысить энергоэффективность отдельных жилых помещений, домашних комплексов, небольших заводов, коммерческих организаций, отдельных производств и крупных предприятий, а также снизить их негативное влияние на окружающую среду и существенно экономя электроэнергию.

Список литературы

1. Шарков Н. В. Состав автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии/ Н. В. Шарков [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2016 № 5–3 (47). С. 209–211. - 08.01.2024.

2. АСКУЭ на предприятии. Цели и требования. [Электронный ресурс] // Статья. – 2020. – Режим доступа: URL https://yaenergetik.ru/blog/askue-na-predpriyatii/ - 08.01.2024.

3. Система АСКУЭ. Зачем она нужна, где применяется и общий принцип её работы [Электронный ресурс] // Статья. – 2022. – Режим доступа: URL https://www.ixbt.com/live/chome/sistema-askue-zachem-ona-nuzhna-gde-primenyaetsya-i-obschiy-princip-ee-raboty.html - 08.01.2024.

4. Управление электропитанием в "умном доме". [Электронный ресурс] // Статья. – 2020. – Режим доступа: URL https://www.eremont.ru/enc/engineer/clever/intel-house-electro.html - 08.01.2024.

5. Бабин А.И. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И РАСЧЕТЫ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 1. – С. 54-57; URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=9224 - 8.01.2024.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ УЗЛОВ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА РАННИХ ЭТАПАХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ

Клещарева А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Корпус ЛА является силовой основой, объединяющей отсеки и агрегаты. Они различаются по своему функционалу и конструктивно-технологическим признакам. Нагрузки, действующие на корпус, определяются параметрами двигательной установки, полетными условиями и аэродинамической схемой самого ЛА. При разработке ответственных узлов корпуса летательного аппарата необходимо определиться с необходимыми требованиями, достаточными для успешной эксплуатации будущего объекта.

Такие требования разделяют на четыре группы:

Функциональные требования – перечень функций, которыми должен обладать проектируемый объект.

Производственно-технологические требования – требования, при которых изготовление проектируемого ЛА будет возможно, в условиях будущего производства.

Экономические требования – отражают эффективность производства и эксплуатации конструкции в экономическом плане.

Эксплуатационные требования – требования, отражающие непосредственно эффективную работу объекта, обеспечивающего необходимые функции при поставленной задаче для проектирования.

Все эти требования тесно связаны между собой и имеют непосредственную зависимость друг от друга.

При проектировании конструкции должны быть детализированы конкретные условия с исходными данными для поставленной задачи.

Исходные данные, относящиеся к функциональным требованиям:

1. Нагрузки, воспринимаемые конструкцией при поставленных условия назначенной задачи проектирования.
2. Статическая прочность, при которой однократно приложенная статическая нагрузка не приводит к разрушению.
3. Жесткость конструкции, как способность сопротивляться деформациям.
4. Усталостная прочность авиационной конструкции, возможность безопасной эксплуатации под действием переменных нагрузок, не смотря на со временем накопленные напряжения в элементах конструкции без повреждения.
5. Надежность – требования долговечности и ремонтопригодности проектируемых узлов ЛА.

Так же проектируемые узлы ЛА необходимо подбирать с условиями, приспособленными к определенному производству, для дальнейшей возможности изготовления, всех видов технологического обслуживания и ремонта. За это отвечают эксплуатационные требования.

Одна из основных и острых задач в авиастроении, при проектировании ответственных узлов - обеспечение минимальной массы, при которой остальные характеристики не приведут к значительному ухудшению конструкции.

Все эти требовании необходимы для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации конструкции и формируются в самом начале проектирования по данным технического задания для каждого узла.

Узел, в техническом понимании, спряжение отдельных деталей, объединенных одним общим назначением.

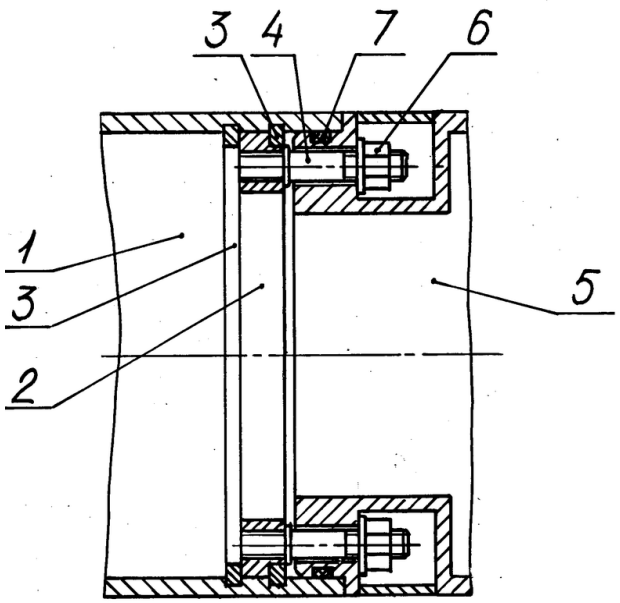


Рисунок 1- Пример узла стыковки отсеков ракеты

Данный узел стыковки отсеков ракеты содержит: отсек 1, в котором установлен съемный фланец 2, фиксируемый пружинными кольцами 3, в который ввернуты шпильки 4, отсек 5, гайки 6, герметизирующее уплотнение 7. Стыковка отсеков происходит следующим образом: перед установкой фланца 2 в отсеке 1 устанавливаются блоки и системы управления, наружные диаметры которых могут превышать внутренний диаметр фланца. После установки фланца производится стыковка отсеков, регулировка их углового положения друг относительно друга и затягивание гаек.

В процессе проектирования ЛА разработка конструкции узлов выполняется после выбора силовой схемы, определяющей его прочность и жесткость.

С развитием вычислительной техники и средств математического моделирования сложилась определенная технология проектирования на основе принципа «от математической модели к конструкции». Её суть в том, что для выбора оптимальной рациональной силовой схемы используются конечно-

элементные модели в сочетании с моделями численной аэродинамики для определения нагрузок и деформаций, при этих нагрузках. Общая силовая схема агрегата в этом случае получает достаточно надежное обоснование. Однако, при проведении испытаний в реальных условия, могут выявляться дополнительные факторы, при которых целесообразно произвести доработку силовой схемы всего агрегата или определенного узла.

Обеспечение устойчивости и управляемости так же является неотъемлемой частью при проектировании ответственных узлов ЛА.

Таким образом, решение задачи проектирования узла авиационной конструкции можно представить состоящим из этапов, таких как: анализ технического задания и цели проектирования, формирование исходных данных, выбор основных материалов и их свойств, разработка силовой схемы узла, ее составляющие, входящие в данные узлы детали, выбор конструктивных (геометрических и массовых) характеристик, разработка чертежей и трехмерных моделей, проведение расчетов на прочность, жесткость и усталость конструкции.

Список литературы

1. Проектирование узлов авиационных конструкций. авиационных конструкций: учеб. пособие /Д.М. Козлов; под. ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Комарова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017 – 96 с.

2. Конструирование узлов летательных аппаратов: учебное пособие / А. Д. Припадчев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013 –144 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Комарова Е.А., Магдин А.Г.,
Припадчев А.Д, д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Компьютерные моделирования в ракетостроении – это использование компьютерных программ и алгоритмов для создания виртуальных моделей и симуляций ракетных систем. Это позволяет инженерам и ученым предсказывать и анализировать поведение ракетных систем в различных условиях, оптимизировать их конструкцию и проектировать новые, более эффективные и безопасные ракеты.

Компьютерные моделирования позволяют провести виртуальные испытания и проверки различных аспектов ракетных систем, таких как аэродинамика, тепловые процессы, механика, структурная прочность, управление, стабилизация и другие. Они также могут быть использованы для проведения исследований в области новых концепций и технологий, таких как суперзвуковые и гиперзвуковые полеты, повышенные маневренность и точность управления.

Компьютерные моделирования позволяют сократить затраты и время на разработку и тестирование ракетных систем. Они позволяют идентифицировать и исправить потенциальные проблемы и ошибки еще на ранних стадиях проектирования, что способствует повышению безопасности и надежности ракет.

Благодаря компьютерным моделированиям, инженеры могут также проводить виртуальные испытания ракет в множестве условий, включая различные рабочие параметры, атмосферные условия и сценарии полета, что помогает определить их производительность, эффективность и другие характеристики.

Основными целями компьютерного моделирования в ракетостроении являются:

– Проектирование и разработка новых ракетных систем: Компьютерное моделирование позволяет разработчикам протестировать различные конфигурации ракетных систем, определить их производительность и эффективность еще до проведения физических испытаний. Это позволяет сократить время и затраты на разработку ракетных систем.

– Тестирование ракетных систем: Компьютерная симуляция позволяет проводить тестирование ракетных систем на различных этапах полета, от взлета до развертывания спутников и возвращения на Землю. Это позволяет предсказать и анализировать поведение ракетных систем в различных условиях и улучшить их производительность и надежность.

– Оптимизация производительности: Компьютерное моделирование позволяет оптимизировать параметры ракетных систем, такие как стабильность,

управляемость, топливная эффективность и другие характеристики для достижения максимальной производительности и минимизации затрат.

– Анализ и предсказание поведения ракетных систем: Компьютерное моделирование позволяет анализировать и предсказывать поведение ракетных систем в различных условиях, таких как атмосферные условия, вибрации, термические нагрузки и другие факторы. Это помогает предотвратить потенциальные проблемы и повысить надежность ракетных систем.

Компьютерное моделирование в ракетостроении позволяет существенно сократить время и затраты на разработку и тестирование ракетных систем, повысить их надежность и производительность, а также предсказать и анализировать их поведение в различных условиях. Оно является неотъемлемой частью современной промышленности ракетостроения.

Примеры компьютерных моделирований в ракетостроении:

– Аэродинамическое моделирование: С использованием компьютерных программ можно смоделировать поток воздуха вокруг ракеты и оценить ее аэродинамические характеристики, такие как подъемная сила и аэродинамическое сопротивление. Это позволяет оптимизировать форму корпуса ракеты для достижения наилучшего полетного поведения.

– Моделирование динамики полета: Компьютерные модели позволяют анализировать поведение ракеты во время полета, включая изменение угла атаки, траекторию полета, изменение скорости и другие параметры. Такие модели помогают прогнозировать и оптимизировать полетные характеристики ракеты, а также позволяют проводить испытания и тренировки на компьютере.

– Моделирование структурной прочности: Ракета должна выдерживать большие нагрузки во время полета, поэтому необходимо анализировать ее структурную прочность. С помощью компьютерных моделей можно симулировать и оценить напряжения и деформации, которые возникают в различных частях ракеты. Это позволяет оптимизировать конструкцию ракеты и улучшить ее прочность.

– Моделирование систем управления: Моделирование систем управления позволяет анализировать работу автоматического пилота, гироскопической стабилизации и других систем управления ракетой. Это помогает оптимизировать системы управления для достижения требуемой точности и стабильности полета.

Компьютерные моделирования позволяют значительно сократить время и затраты на разработку и испытания ракетных систем, а также повысить их эффективность и надежность. Они являются важным инструментом для создания инновационных решений и оптимизации проектов ракетных систем.

Список литературы

1. Композиционные материалы в ракетостроении [Электронный ресурс] / А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов, В. С. Арискин // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 26-27 янв. 2022 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос.

бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т" ; ред. А. В. Пыхтин. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2022. - . - С. 1591-1595. . - 5 с.

2. Система транспортировки материалов [Электронный ресурс] / А. Г. Магдин, В. С. Арискин, И. В. Гузь, К. Е. Анохин // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. LII Междунар. науч.-практ. конф.,15 янв. 2022 г., Пенза : в 2 ч. / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. - Электрон. дан. - Пенза : Наука и Просвещение,2022. - Ч. 1. - С. 72-74. . - 3 с.

3. Конструкция самолетов : учебник для вузов / О. А. Гребеньков, В. П. Гоголин, А. И. Осокин, В. Ф. Снигирев, В. Г. Шатаев ; под. ред. проф. О. А. Гребенькова. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 1999. – 320 с. – ISBN 5-7579-0241-8;

4. Материалы, работающие при низких температурах [Электронный ресурс] / Р. А. Нестеренко, А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием : сб. материалов конф., 21 апр. 2021 г., Ярославль : в 2 ч. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Ярослав. гос. техн. ун-т". - Электрон. дан. - Ярославль : Изд-во ЯГТУ,2021. - Ч. 1. - С. 580-582. . - 3 с.

5. Электронный каталог Научные Статьи. Ru [Электронный ресурс] : база данных содержит большое количество научных статей на разные темы. Режим доступа: https:// nauchniestati.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СФЕРЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент,
Корнипаева А.А., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящий момент образовательная сфера активно развивается и претерпевает достаточно серьезные изменения в ответ на происходящие события в мире: пандемия привела к совершенствованию дистанционных форм преподавания, росту цифровизации в учебных заведениях [1]. Следующим серьезным фактором, вызывающим дебаты и обсуждения о будущем образования и какие его ждут изменения, стало бурное развитие систем искусственного интеллекта. Несмотря на то, что большие языковые модели (LLM) были созданы давно, с появлением простых и доступных для обычного пользователя интерфейсов, расширились возможности использования интеллектуальных систем.

Широта использования генеративного искусственного интеллекта (ИИ) впечатляет: от создания развлекательного контента до приложений в жизненно важных сферах, как например, в медицине. Дискуссии о применении ИИ в образовании носили полярный характер: от резкого неприятия до полного одобрения [2].

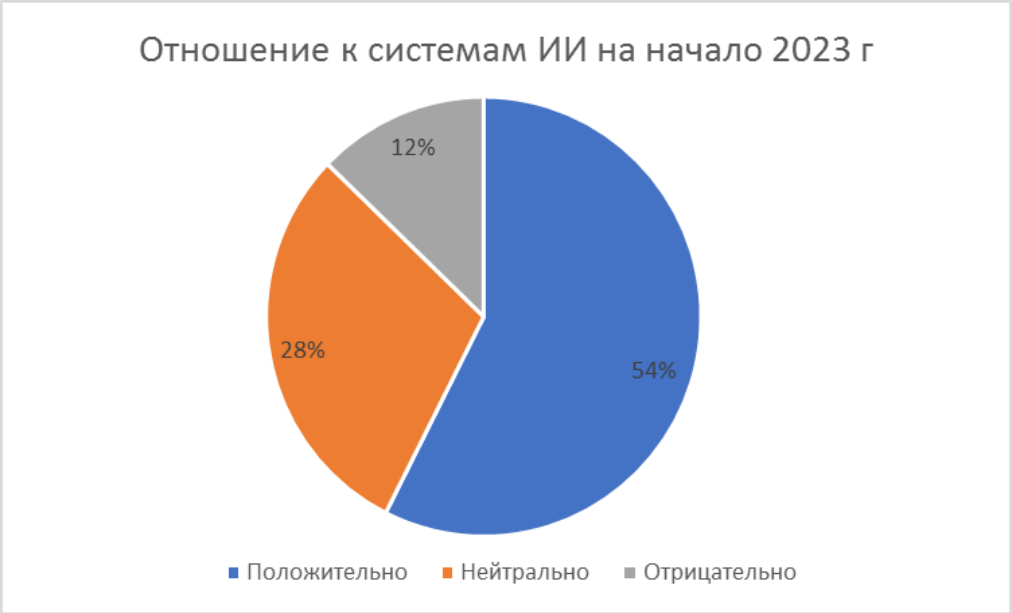


Рисунок 1 – Отношение к системам ИИ на начало 2023 года

Возможности систем LLM (ChatGPT, Bard, Transformer и др.) на основе подсказок и простых запросов выдавать пользователю текст, ответы на вопросы и выполнять другие задачи, связанные с обработкой естественного языка, спо-

собствуют появлению вопросов «Писал ли текст сам студент?», «Какая часть работы выполнена самим обучающимся?» и т.д.

Помимо этого простого заимствования готового контента, следует упомянуть еще один негативный фактор при использовании генеративного ИИ – инструменты на основе нейронных сетей могут быстро предоставить ответы на вопросы (а, если большая языковая модель (LLM), такая как ChatGPT, не найдет ответ, то она может его и придумать), но при этом не развиваются навыки критического мышления и решения проблем.

Несмотря на недостатки, средства генеративного ИИ полезное подспорье при решении ряда исследовательских задач и обработки информации, например, для анализа текстов, расшифровка стенограмм, аудио- и видеофайлов (Deepsheet, InsightJini, Scribewave, Sentigem), поиска и отслеживания материала на заданную тему, и поиска источников (Perplexity AI), поиск различных научных базах данных (Research Rabbit, Google Scholar), извлечение данных, преобразование (beautiful.ai, SlidesAI, Prezo, Deepbrain.ai) и др.

В зависимости от направления и дисциплин следует подобрать задания таким образом, чтобы использование нейронных сетей помогало обучающемуся в работе, а также определить границы использования, например:

- создание набросков и черновиков;
- преобразования текста в графику;
- создание иллюстраций;
- анализ предложенных и поиск аналогичных решений;
- решение вычислительных задач;

В то же время следует сохранить традиционные формы обучения, которые предполагают работу без использования средств искусственного интеллекта:

- групповая работа в аудитории;
- занятия, основанные на заданиях, которые не были широко распространены, например, разные чертежи деталей (рисунок 2) и разные исходные данные;
- занятия, основанные на физическом выполнении задания.

Искусственный интеллект вызывает необходимость изменений в подходе к разработке учебных материалов и методик, организацию и оценку учебной и исследовательской работы. Но в то же время, способствует созданию современной обучающей среды, способной улучшить подготовку студентов к профессиональной деятельности, а также удовлетворяющей потребности рынка труда.

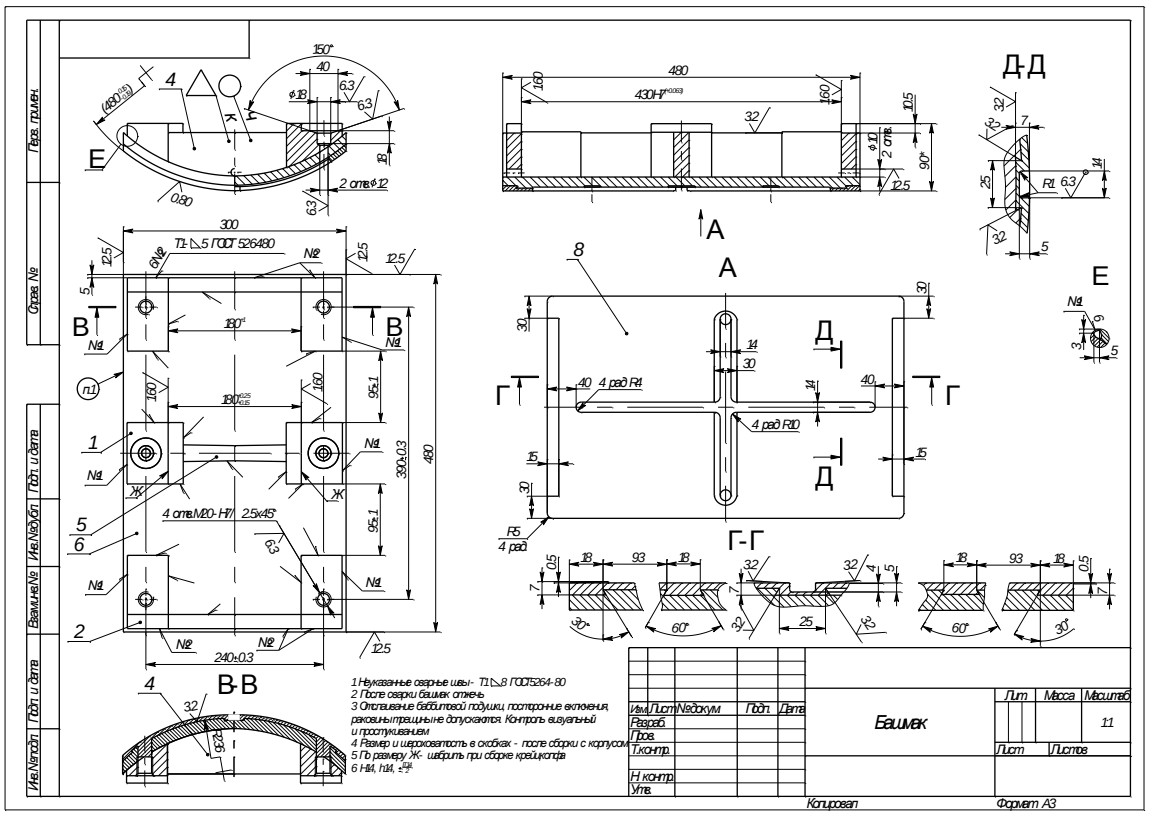


Рисунок 2 – Чертеж детали, используемый в качестве задания

Список литературы

1. Белоновская, И. Д. Технологии визуализации в гибридном обучении будущих инженеров: направления реализации и профессионально-личностная успешность / И. Д. Белоновская, А. А. Корнипаева, С. Д. Петрова // Primo aspectu. – 2023. – № 3 (55). – С. 95–99

2. Mark McCormack, 2023 EDUCAUSE QuickPoll Results: Adopting and Adapting to Generative AI in Higher Ed Tech/ McCormack M. – 2023 – URL: https://er.educause.edu/articles/2023/4/educause-quickpoll-results-adopting-and-adapting-to-generative-ai-in-higher-ed-tech (accessed date: 03.01.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕНОСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ПРИ СБОРКЕ СУХИХ ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Крамар В.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современных конструкциях летательных аппаратов (ЛА) зачастую преобладает применение композиционных материалов, некоторые отсеки могут полностью состоять из них. Для ЛА, применяемых в условиях высоких температур и нагрузок применяют различные виды химико-термической обработки (ХТО) с нанесением термостойких покрытий. Изготовление отсеков с применением подобных технологий затруднено, требуется поэтапный процесс сборки и выполнения окончательных размеров на нескольких стапелях до и после ХТО, в процессе которого происходят деформации композиционного материала деталей и увеличение их толщины с нанесением покрытия. Сохранение технологических баз в таком случае затруднено, требуются специальные приспособления.

Применение приспособлений для переноса технологических баз при сборке сухих отсеков ЛА будет рассмотрено на примере сборки отсека из композиционных материалов с ХТО – боросилицированием.

Боросилицирование – процесс ХТО с одновременным или последовательным насыщением металлов и сплавов кремнием и бором повышения износостойкости, жаростойкости и коррозионной стойкости деталей машин на предприятиях металлургической, авиационной, химической, судостроительной, машиностроительной и др. отраслей промышленности [1]. Способ боросилицирования изделий, включающий нагрев, насыщение в порошкообразной среде, содержащей карбид бора, кремний, медьсодержащий компонент, хлористый аммоний, и последующее охлаждение, отличающийся тем, что боросилицирование осуществляют в псевдоожиженном слое при 600-1000 ºС в порошкообразной среде, дополнительно содержащей тетрафторборат натрия, корунд, а в качестве медьсодержащего компонента - закись меди при следующем соотношении компонентов, мас. %: карбид бора - 5-25; кремний - 2-10; закись меди - 0,05-0,25; тетрафторборат натрия - 0,1-0,5; хлористый аммоний - 0,1-0,25; корунд - 64-92,75, а в процессе нагрева до температур боросилицирования осуществляют выдержку изделий при 350-500 ºС в течение 5-25 мин [2].

В сухих отсеках ЛА, где применяется боросилицирование для повышения износостойкости и жаростойкости композиционного материала, происходят различные деформации – изменение формы и размеров деталей, смещение и изменение форм отверстий и пазов, важных теоретических сечений, сечений стыка с другими отсеками. Для обеспечения заданных требований конструк-

торской документации требуется дополнительная обработка, и, как следствие, установка на стапель. Очевидной является необходимость сохранения технологических баз при установке отсека в стапель после ХТО. Однако, процесс боросилицирования подразумевает отсутствие приспособлений по контуру отсека как изнутри, так и снаружи, с целью обеспечения полноты и целостности покрытия.

Таким образом, приспособления должны обеспечивать сохранение технологических баз при свободном доступе к покрываемым поверхностям. Одним из вариантов выполнения этих условий является применение специального приспособления. Так как процесс боросилицирования подразумевает изменение форм и размеров конструкционных отверстий элементов отсека, необходимо их предварительно выполнить технологическими через систему кондукторов стапеля, а технологическим крепежом будет являться приспособление, в общем виде представленное на рисунке 1. На данном рисунке схематичный отсек из композиционных материалов поз. 1 крепится на приспособлении, состоящем из основной опоры поз. 2, радиальных опор поз. 3 в количестве, определяемым технологией изготовления, быстросменных и легко высверливаемых шпильках поз. 4 и технологическом крепеже, представляющим из себя фасонные шайбы по форме отсека и гайки поз. 5.

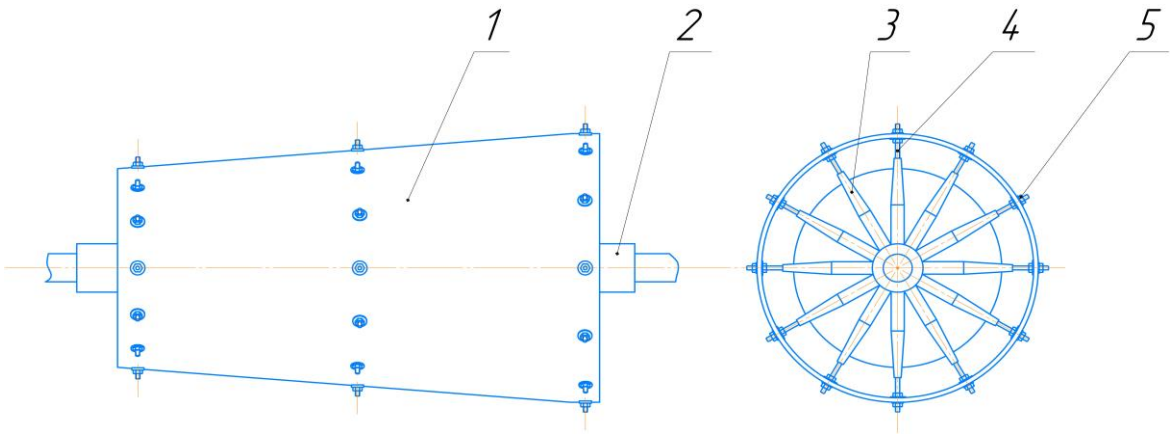


Рисунок 1 – приспособление для переноса технологических баз

Монтаж и демонтаж отсека со стапеля должен производится с фиксацией положения центральной опоры на приспособлениях стапеля. Шпильки поз. 4 необходимо выполнять из дешевых и легкообрабатываемых материалов, радиальные опоры поз. 3 выполняют несущую функцию, для сохранения свойств должны быть выполнены из жаростойких материалов, как и центральная опора поз. 2. Количество технологических отверстий, опор и крепежа определяется из соображений технологичности и сохранения формы и размеров при ХТО. После ХТО шпильки подлежат срезанию, приспособление свободно отстыковывается от отсека, остаточные части шпилек в опорах выкручиваются. Шпильки в отсеке после боросилицирования будут также покрыты слоем боросиликата и в

дальнейшем будут высверлены вместе с рассверливанием предварительных технологических отверстий до конструкционных.

Таким образом, приспособления данного типа обеспечивают сохранения технологических баз после ХТО, не затрагивая поверхность нанесения слоя боросиликатного материала.

Список литературы

1. Бушуев, Углерод-углеродные композиционные материалы : справочник / Ю. Г. Бушуев, М. И. Персин, В. А. Соколов. – Москва : Металлургия, 1994. – 126, [1] с. : ил.; 21 см.; – ISBN 5-229-01167-X

2. Гофин, М. Я. Жаростойкие и теплозащитные конструкции многоразовых аэрокосмических аппаратов: монография / М. Я. Гофин. – Москва : Мир, 2003. – 671 с. : ил. – Библиогр.: с. 599-614. – ISBN 5-93612-007-4

КАК ТЕХНОЛОГИЯ 3D ПЕЧАТИ ПОВЛИЯЛА НА ПРОИЗВОДСТВО ДРОНОВ

Красницкий Б. М., Магдин А. Г. канд. техн. наук,
Горбунов А. А. канд. техн. наук, доцент, Припадчева Д. А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Внедрение 3D печати в производство дронов представляет собой революционный этап в индустрии беспилотных летательных аппаратов. Давайте рассмотрим эту тему подробнее.

Исходно 3D печать использовалась для создания прототипов БПЛА. Это позволяло инженерам и дизайнерам проверять концепции, модифицировать дизайн и тестировать различные варианты без значительных затрат времени и ресурсов. Однако с развитием технологии материалов и улучшением производственных процессов, объёмная печать стала применяться для создания функциональных деталей с использованием широкого спектра материалов, обеспечивая высокую прочность и точность изготовления.

С усовершенствованием методов трехмерной печати стали разрабатываться специальные дизайны для деталей беспилотных летательных аппаратов, которые оптимизированы с учетом особенностей процесса печати и характеристик материалов. Это включает создание вентилируемых структур для уменьшения веса, оптимизацию геометрии для повышения прочности и разработку специальных материалов для повышения аэродинамических характеристик.

С появлением многофункциональных принтеров объёмной возможности по использованию различных материалов и методов печати значительно расширились. Усовершенствование существующих материалов и создание новых специализированных материалов с оптимальными характеристиками (таких как прочность, легкость, теплопроводность) позволит создавать более функциональные и адаптированные к специфическим задачам детали для дронов. Это позволяет создавать композитные детали, объединяя, например, пластик с металлом или керамикой.

Начальные этапы применения 3D печати в производстве дронов ориентировались на создание уникальных прототипов или ограниченных серий для исследовательских целей. Однако с развитием технологии и снижением затрат на печать, компании стали экспериментировать с массовым производством, где объёмная печать используется для создания множества однотипных деталей, что может быть эффективным в производстве небольших партий коптеров.

Трехмерная печать не только улучшает технические характеристики дронов, но и позволяет создавать уникальные дизайны и функциональные решения. Это включает в себя возможность интегрировать различные компоненты беспилотника в одну деталь, создавать эргономичные и оптимизированные конструк-

ции, а также внедрять новые возможности, такие как скрытые отверстия для кабелей или датчиков.

Применение 3D печати в дронах охватывает различные аспекты использования этой технологии для создания компонентов и деталей беспилотных летательных аппаратов. Давайте подробнее рассмотрим основные области применения объёмной печати в дронах.

Трехмерная печать позволяет создавать корпусные детали для БПЛА, такие как обшивка, крышки, шасси и крепления. Это позволяет инженерам и дизайнерам создавать индивидуальные и оптимизированные по весу конструкции, которые могут быть адаптированы для различных моделей дронов. Благодаря гибкости 3D печати, можно добиться более сложных форм, учитывая аэродинамические требования и особенности полета.

Оптимизация формы и геометрии пропеллеров является критическим фактором для повышения эффективности и стабильности полета дрона. При помощи объёмная печати можно создавать пропеллеры с уникальной геометрией, которая улучшает подъемную силу и снижает шум. Это позволяет экспериментировать с различными дизайнами, чтобы найти оптимальные характеристики для конкретной модели дрона.

Трехмерная печать используется для создания креплений и коннекторов, которые необходимы для размещения различных компонентов внутри корпуса беспилотника. Это включает крепления для камер, батарей, сенсоров, антенн и другого оборудования. Гибкость процесса 3D печати позволяет создавать уникальные крепления, соответствующие специфическим требованиям проекта.

С развитием компактной и миниатюрной электроники возникла потребность в корпусах, обеспечивающих защиту и оптимальное распределение компонентов внутри беспилотного летательного аппарата. Используя трехмерную печать, можно создавать индивидуальные корпуса для контроллеров полета, бортовых компьютеров, приемников GPS и других устройств, обеспечивая лучшую интеграцию и защиту.

3D печать также используется для создания тестовых моделей и прототипов деталей или даже всего дрона. Это позволяет инженерам проводить быстрые итерации в проектировании, тестировать новые концепции и вносить изменения на ранних этапах разработки без значительных затрат времени и ресурсов.

С эволюцией объёмной печати появляются возможности создания интегрированных систем и датчиков прямо в структуре корпуса беспилотника. Это включает в себя встроенные отверстия для проводов, специальные карманы для размещения датчиков или даже возможность интегрировать части электронной системы прямо в структуру корпуса.

По мере развития технологий и методов печати ожидается улучшение многофункциональных принтеров 3D. Это включает в себя расширение возможностей по использованию различных материалов, комбинацию нескольких методов печати в одном устройстве (например, объединение FDM и SLA), а также повышение точности и скорости печати.

Одним из основных преимуществ объёмной печати является возможность персонализации продуктов под конкретные потребности. В будущем, с развитием этой технологии, можно ожидать более широкого использования персонализированных решений для дронов. Это включает создание дронов, адаптированных для конкретных целей, таких как сельское хозяйство, доставка, мониторинг или спасательные операции.

Тенденция к экологически устойчивым материалам и производству будет продолжать развиваться. Создание материалов из возобновляемых и биоразлагаемых источников станет важным направлением для 3D печати, чтобы снизить негативное воздействие на окружающую среду.

В будущем печать дронов может стать более широко распространенной практикой в различных отраслях, включая транспорт, логистику, медицину, сельское хозяйство, геологию и многие другие. Это может привести к массовому производству специализированных дронов для конкретных задач.

Применение объёмной печати в производстве беспилотников уже способствует появлению новых инноваций. Компании активно экспериментируют с новыми материалами и дизайном, чтобы улучшить характеристики дронов.

Заключение

Инновации и будущее использования 3D печати в производстве дронов предвещают широкий спектр усовершенствований и развития. С новыми материалами, технологиями, персонализацией и интеграцией новых функций, 3D печать будет продолжать трансформировать производство дронов, делая их более эффективными, функциональными и адаптированными к различным сферам применения.

Список литературы

1.Устройство дрона: обзор для новичков: [сайт]. URL: https://dji-blog.ru/novichkam/ustrojstvo-drona-obzor-dlja-novichkov.html

2.Что такое 3D-печать: просто о сложном: [сайт]. URL: https://top3dshop.ru/blog/what-is-3d-printing.html

3.Беспилотный летательный аппарат БПЛА (дрон): [сайт]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php

4.Область применения 3D технологий: [сайт]. URL: https://3d-services.ru/primenenie/

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ АВИАСТРОЕНИИ

Красноборцева Е.А., Магдин А. Г., канд.техн.наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современная авиация требует постоянного развития и предъявляет все новые технические требования. Одним из приоритетных задач развития авиационной техники является снижение массы конструкции, чтобы повысить экономическую эффективность летательных аппаратов. Для решения этой задачи используются новые композиционные материалы, которые превосходят традиционные металлические материалы по многим параметрам. Таким образом, композиты играют ключевую роль в современном авиастроении, поскольку обладают уникальными свойствами, позволяющими создавать легкие, прочные и эффективные конструкции. Они широко применяются во всех областях авиационной промышленности, включая производство самолетов, вертолетов, космических аппаратов и беспилотных летательных аппаратов.

В авиастроении композиционные материалы имеют главное и важнейшее преимущество - низкую плотность. Они значительно легче, чем традиционные металлические материалы, такие как алюминий и сталь. Это позволяет сократить вес конструкции и, в результате, увеличить грузоподъемность и дальность полета самолета. Кроме того, использование легких композиционных материалов помогает снизить энергозатраты во время полета, что приводит к экономии топлива и уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Высокая прочность и жесткость являются вторым преимуществом композиционных материалов. Идеально подходящие для использования в авиационной промышленности, композиты обладают высокой прочностью как на растяжение, так и на сжатие. Они способны выдерживать значительные нагрузки без каких-либо деформаций или разрушений, что обеспечивает безопасность и надежность летательных аппаратов. Особенно важно отметить, что композиты также обладают высокой устойчивостью к ударным нагрузкам и вибрациям, что является огромным преимуществом для авиационных конструкций, которые испытывают значительные нагрузки во время полета.

В авиационной промышленности важным преимуществом композиционных материалов является их устойчивость к коррозии. Композиты не подвержены ржавчине и коррозии, в отличие от металлических материалов. Это особенно важно для самолетов и других летательных аппаратов, которые постоянно находятся в агрессивной среде с солью, влагой и химическими веществами. Композиты обеспечивают надежность и долговечность авиационных конструкций, а также снижают расходы на их обслуживание и ремонт благодаря своей коррозионной стойкости.

Аэродинамические характеристики являются ключевыми для авиационной промышленности, поскольку они прямо влияют на эффективность и производительность летательных аппаратов. Композитные материалы обладают преимуществом, заключающимся в возможности формования в сложные геометрические формы. В отличие от металлов, композиты могут быть легко приведены в сложные криволинейные формы, что позволяет создавать аэродинамически обтекаемые конструкции. Благодаря своей формовочной способности, композиты способны снизить сопротивление воздуха и повысить скорость и маневренность самолета.

В авиационной промышленности особенно важно использование композитных материалов в сочетании с металлами для создания гибридных конструкций. Такие соединения, как заклепки и болты, легко применяются для создания оптимальных конструкций с учетом различных требований, таких как прочность, жесткость и вес. Композиты также значительно повышают эффективность двигателей, энергетических установок и транспортных систем.

Бороволокниты, обладающие высокой модульностью, широко применяются при создании компонентов воздушных судов. Для замены графита используются карбоволокниты с углеродной матрицей, которые отлично подходят для защиты от тепла и производства тормозных дисков авиационных систем, а также устойчивого химического оборудования. Из бороволокнитов изготавливаются профили, панели, роторы и лопатки компрессоров, винтовые лопасти, трансмиссионные валы вертолетов и другие компоненты авиационной и космической техники.

Композитные материалы с использованием сплавов из бора нашли свое применение в авиастроении, где они используются для создания различных элементов, как структурных, так и изоляционных. Они широко применяются для изготовления труб, емкостей для хранения реактивов, а также для напыления корпусов и других деталей. В настоящее время доля композитных материалов с использованием сплавов из бора в авиастроении составляет 15-20%, хотя их производство является дорогостоящим процессом. Вместо них авиаконструкторы предпочитают использовать углепластики, но это не является идеальным решением. Композиты с матрицей из соединений с бором обладают уникальными механическими и физическими свойствами, которые невозможно заменить. Возможно, в будущем двигатели и основные силовые элементы будут состоять только из композитных материалов с матрицей из соединений с бором.

Особое значение в авиационной промышленности приобретают композитные материалы, которые обеспечивают создание конструкций, сочетающих легкость, прочность, устойчивость к коррозии и высокую аэродинамическую эффективность. Благодаря им увеличивается грузоподъемность и дальность полета, снижаются энергозатраты, обеспечивается безопасность и надежность летательных аппаратов, а также сокращаются расходы на техническое обслуживание и ремонт. В современном авиастроении композиты занимают важное ме-

сто и продолжают активно развиваться и применяться в новейших технологиях и конструкциях.

Список литературы

1. Васильев, В.В. Механика конструкций из композиционных материалов / В.В. Васильев. – Москва: Машиностроение, 1988. – 272 с.

2. Макин, Ю.Н. Основы производства ЛА и АД / Ю.Н. Макин. – Москва : МГТУГА, 1996. – 88 с.

3. Малая, Е.В. Композиционные материалы в современной авиации / Е.В. Малая // Актуальные исследования. – 2022. – № 49. – С. 6-9.

4. Туранов, Р.А. Композиционные материалы с использование бора в авиастроении / Р.А. Туранов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 230-231.

АНАЛИЗ РОТОРНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ СИСТЕМ

Лаврентьев М.Д.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В мегаполисах, как и в малых городах с высокой плотностью застройки, наблюдается существенная проблема в обеспечении парковочного пространства для автотранспорта. Плотная городская застройка ограничивает возможности предоставления парковочных мест для каждого владельца транспортного средства. Подобные затруднения проявляются также в окрестностях торговых центров и крупных магазинов, особенно в периоды предпраздничных дней и выходных. Расширение парковочных зон путем увеличения занимаемой территории сталкивается в большинстве случаев с непреодолимыми трудностями, поскольку отсутствует подходящее пространство непосредственно около сооружения. Более того, высокая стоимость земли в этих районах часто препятствует экономической целесообразности расширения парковочных зон.

Для эффективного решения указанных проблем в различных странах активно применяются роторные парковочные системы. Эти инженерные конструкции представляют собой высокие металлические сооружения, аналогичные по своей структуре колесам обозрения, что придает им также наименование «карусельные парковки». Подобные системы предлагают инновационный подход к оптимизации использования ограниченного парковочного пространства, предоставляя эффективное решение для городских территорий, подверженных ограничениям.

Преимущества внедрения механизированных парковок охватывают следующие аспекты: повышение эффективности использования пространства, что приводит к семикратному увеличению плотности автостоянки по сравнению с обычными одноуровневыми парковками; минимизация шумового воздействия; обеспечение безопасности с устранением рисков краж и актов вандализма на стоянке; увеличение пропускной способности улиц обусловленное сокращением числа автомобилей, припаркованных на тротуарах и около остановок общественного транспорта [1].

Роторная парковочная система состоит из следующих основных частей:

Рама металлическая – представляет собой основную опорную структуру парковочной системы. Она включает в себя направляющие, стабилизаторы паллет, а также элементы связи и жёсткости конструкции. Направляющие служат для направления движения платформы парковочной системы, обеспечивая стабильность и точность перемещения автомобилей. Стабилизаторы паллет предназначены для устойчивого размещения и фиксации автомобилей на платформе. Элементы связи и жёсткости конструкции обеспечивают целостность и прочность рамы, необходимые для работы парковочной системы.

Парковочная паллета. На парковочных паллетах предусмотрены направляющие выемки для колёс автомобиля, чтобы исключить возможность выезда автомобиля за допустимые габариты.

Привод. Основное предназначение механизма привода в роторной парковке заключается в обеспечении вертикально-циркуляционного вращения парковочных платформ с автомобилями, поднимая их на определенный уровень и обеспечивая подачу свободной платформы в нижнюю точку для осуществления парковки или выезда автомобиля из системы парковки [2].

Приводной механизм парковки представляет собой комплект, включающий в себя электрический двигатель, червячный редуктор, трансформирующий и передающий крутящий момент следующему элементу - приводной шестерне, основной цепи с роликами, главному рельсу и дисковой тормозной системе [3].

В ходе разработки роторных парковочных систем особый акцент делается на создание системы автоматики, способной обеспечить высокий уровень безопасности. Данная проблематика обусловлена не только самим автомобилем как потенциальным источником опасности, но и тем, что парковочная система предполагает подъем и перемещение транспортных средств на значительную высоту. Это требует дополнительных инженерных решений, направленных на предотвращение возможных аварийных ситуаций.

Более того, учитывая, что потенциальные пользователи данной системы могут не обладать глубокими знаниями в области инженерных наук, высокий уровень простоты в эксплуатации становится важным критерием при конструировании.

Комплект автоматики включает в себя контроллер, панель оператора, датчики и устройства безопасности, которые играют ключевую роль в автоматизации и обеспечении безопасности парковочной системы. Датчики используются для мониторинга положения автомобилей, определения доступности места для парковки и обеспечения точного позиционирования. Устройства безопасности включают в себя механизмы предотвращения столкновений, а также другие средства обеспечения безопасности для пользователей и их автомобилей в процессе использования парковочной системы.

С развитием технологий и повышением экологической осознанности в современном обществе, роторные парковочные системы становятся неотъемлемой частью устойчивого городского планирования. Их экономическая эффективность, совместимость с современными энергетическими тенденциями, а также универсальность в применении делают их востребованными решениями для городов будущего.

Важным аспектом, заслуживающим внимания при анализе роторных парковочных систем, является их влияние на урбанистическую среду. Системы вертикальной парковки могут способствовать улучшению городского ландшафта и созданию более функциональных городских пространств.

Применение роторных парковочных систем оказывает значительное влияние на экономическую сторону города. Внедрение инновационных технологий может содействовать созданию новых рабочих мест, стимулировать развитие

городского бизнеса и привлекать инвестиции для модернизации инфраструктуры.

Современные исследования в области роторных парковок направлены на улучшение эффективности и уменьшение экологического воздействия. Исследователи активно работают над улучшением технологий, снижением энергопотребления для более эффективного производства парковочных систем.

Роторные парковочные системы имеют потенциал снижения уровня загрязнения в городской среде. Их высокая плотность позволяет сократить необходимость в больших парковочных площадях, что может снизить потребление земельных ресурсов и сохранять природные территории [4].

С учетом стремления к устойчивому развитию и снижению выбросов в атмосферу, роторные парковочные системы могут стать ключевым элементом устойчивого транспорта. Их способность эффективно использовать пространство и сокращать время поиска парковочных мест способствует повышению общественной готовности к использованию транспорта с нулевыми или низкими выбросами.

Роторные парковочные системы, представляя собой важное звено в развитии городской инфраструктуры, обладают потенциалом решения актуальных проблем парковки в условиях ограниченного пространства. Их технологическая сложность и инновационные характеристики делают их не только эффективным средством оптимизации парковочных зон, но и элементом устойчивого развития городов. С учетом постоянного роста автопарка и увеличения городской плотности роторные парковочные системы становятся ключевым элементом формирования умных и экологически устойчивых городов будущего.

Список литературы

1 Козлова, К. С. Размещение автоматизированных парковок роторного типа в условиях Санкт-Петербурга / К. С. Козлова, Е. А. Журович, М. Ю. Шкорко // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2017. – № 20-1. – С. 72-74. – EDN ZWNFGD.

2 Многоэтажная автостоянка: Патент 53341 РФ / А. В. Вершинский [и др.] Заявл. 08.12.05; опубл. 10.05.06. Бюлл. № 13.

3 Гнездилов С. Г. Совершенствование конструктивных форм автомобильных подъемников элеваторного типа // Подъемно-транспортное дело. 2009. № 4. С. 2–5.

4. Орлова, Л. Н. Модульные быстровозводимые роторные парковки: современный подход к проектированию стоянок автомобилей / Л. Н. Орлова, Е. А. Кочеткова // Приволжский научный журнал. – 2018. – № 4(48). – С. 146–151. – EDN YTVYCL.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мантров Д.Н., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современная промышленность стремится к постоянному улучшению производственных процессов и повышению эффективности производства. В условиях мелкосерийного и серийного производства одним из ключевых инструментов улучшения является создание цифрового двойника производственных процессов, особенно в сфере изготовления изделий.

Цифровой двойник производственных процессов представляет собой виртуальную реплику физических процессов, происходящих на производственном предприятии. Цифровой двойник включает в себя такие элементы как: модель изделия, производственное оборудование, параметры производства, последовательность операций и логистику между цехами производственного предприятия. Создание цифрового двойника позволяет проводить виртуальное моделирование производственных процессов, оптимизировать параметры и улучшать производственные технологии до их применения в реальной среде производственного предприятия [1].

Мелкосерийное и серийное производство характеризуется необходимостью частой смены параметров производства и адаптации производственных процессов под изменяющиеся требования заказчиков. В данной ситуации использование цифрового двойника позволяет рационально использовать ресурсы при переходе от производства одной серии изделий к другой.

Преимущества создания цифрового двойника производственных процессов в условиях мелкосерийного и серийного производства очевидны. Одним из ключевых плюсов является возможность проведения виртуальных испытаний перед внедрением изменений в производственный процесс. Это помогает избежать дорогостоящих ошибок и оптимизировать параметры производства без простоев оборудования.

Более того, цифровой двойник позволяет проводить анализ производственных данных и выявлять узкие места в процессах, что становится основой для постоянного улучшения производственных технологий. Накопленный опыт может быть использован для обучения персонала и совершенствования общих производственных процедур.

Для более точной работы цифрового двойника планируется использовать имитационное моделирование на базе такого программного обеспечения, как AnyLogic. Выбор пал на данное программное обеспечение из-за высокой достоверности результатов моделирования и возможности детализации модели до

уровня агентов, задавая поведение каждого объекта и его взаимодействия с окружающей средой [2].

Прежде чем запустить производственное предприятие, необходимо проверить его работоспособность, в данном случаи имитационное моделирование становится незаменимым инструментом. Оно позволяет предсказать, как система будет вести себя, и оптимизировать процессы до их реальной реализации.

Можно выделить следующие этапы имитационного моделирования:

1. Создание виртуальной модели, которая имитирует поведение нашей производственной системы. Все, от сырья до готового продукта, воссоздается в виртуальном пространстве.

2. Экспериментирование: проводятся различные тесты и сценарии в этой виртуальной среде. По необходимости можно изменять параметры, условия и наблюдать, как работает система в заданной среде.

3. Оптимизация: на основе результатов тестов можно вносить изменения в производственные процессы, чтобы сделать их более эффективными и экономичными.

4. Прогнозирование: Имитационное моделирование также помогает предсказать, как система будет работать в реальных условиях, что помогает избежать неприятных сюрпризов [3,4].

Преимущества имитационного моделирования:

1. Экономия времени и ресурсов. Возможно провести множество тестов за короткое время, избегая длительных физических экспериментов. Тем самым моделирование позволяет экономить время

2. Оптимизация без рисков. Имитационное моделирование позволяет оптимизировать процессы без риска повреждения оборудования или потери сырья.

3. Адаптация к изменениям. Если в процессе производства появляются новые данные или изменяются условия договора, можно внести коррективы в виртуальной модели.

4. Работа в реальном времени. Для проведения экспериментов на действующем предприятии не требуется его остановка [5].

Заключая новый договор с заказчиком, предприятие в процессе производства изделия может с толкнуться с рядом проблем, которые способны вызвать сбои в работе отдельных цехов, снизить эффективность производства, нарушить логистику и работу взаимодействия между отдельными цехами, а также вызвать простои в производстве. Что в конечном итоге повлияет на репутацию предприятия и себестоимость изделия.

Основные проблемы возникают, когда в процессе производства запущено несколько договоров с заказчиками. Это связанно с высоким уровнем загруженности станков, складов, людей и т.д. Одним из вариантов эффективного управления производственными процессами является имитационное моделирование и цифровой двойник. Данный способ автоматизации процессов позволит решить такие проблемы как:

- оптимизация работы отдельных цехов за счет оптимизации логистических решении;

- согласование алгоритмов работы различных автоматизированных цехов внутри предприятия;

- подбор необходимого количества мест на складе, используемых в каждом отделе производства;

- определение оптимального числа транспортных средств, используемых для перемещения не готовых и готовых изделий между цехами;

- распределение нагрузки на отдельные цеха производства, а также индивидуально на каждый станок внутри конкретного цеха.

В заключении следует отметить, что разработка цифрового двойника производственных процессов изготовления изделия в условиях мелкосерийного и серийного производства представляет собой важный шаг в повышении эффективности производства и улучшении качества продукции. Этот инструмент не только улучшает процессы производства, но и позволяет компаниям оставаться конкурентоспособными в быстро меняющейся экономической среде.

Список литературы

1. Singh, M. et al. (2021) Digital Twin: Origin to Future. Applied System Innovation. Vol. 4. No 2, pp. 36, [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://doi.org/10.3390/asi4020036 (In Eng.).

2. Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем: учебное пособие для вузов / В. Д. Боев. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04734-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/514932

3. Ефромеева Е.В. Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic: учебное пособие / Ефромеева Е.В., Ефромеев Н.М.. — Саратов: Вузовское образование, 2020. — 120 c. — ISBN 978-5-4487-0586-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/86701.html

4. Карпов, Юрий Глебович. Имитационное моделирование систем: введение в моделирование с AnyLogic 5 / Юрий Карпов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - X, 390 с.: ил.; 24 см + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).; ISBN 5-94157-148-8: 1000

5. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование: учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 283 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01098-5. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/510993

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ СТАНКА ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Марков С.Н., Овечкин М.В., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Система охлаждения лазерного станка является важным элементом для обеспечения безопасной и эффективной работы оборудования. Лазерный станок генерирует большое количество тепла во время работы, и если этот тепловой поток не рассеивается достаточно быстро, он может привести к перегреву и повреждению компонентов лазерного станка. Система охлаждения помогает снизить температуру и обеспечивает длительную и надежную работу оборудования.

Существует несколько различных типов систем охлаждения для лазерных станков, каждый из которых имеет свои преимущества и особенности.

Одним из самых распространенных типов систем охлаждения является водяное. В такой системе используется вода или жидкость, которая проходит через контур охлаждения, расположенный вокруг лазерной трубки. Вода или жидкость забирает тепло от трубки и охлаждает его, а затем отводится наружу через систему охлаждения.

Самым же действенным способом, но при этом самым дорогим, является покупка чиллера охлаждения. Он выполняет функцию холодильника, обеспечивая бесперебойную работу одного или двух станков высокой мощности, с поддержанием оптимальной температуры в автоматическом режиме. Система использует замкнутую систему циркуляции, что исключает загрязнение воды. Как говорилось ранее, минусом, является цена оборудования, сопоставимая со стоимостью замены лазерной трубки.

Система охлаждения лазерного станка является неотъемлемой частью любого лазерного оборудования, так как она обеспечивает необходимую температуру для качественной и безопасной работы лазерного генератора. Для охлаждения станка лазерной резки можно выделить следующие цели:

– снизить температуру лазерной трубки;

– обеспечить качественную и безопасную работу;

– продлить срок службы.

Задачами же являются:

– точное поддержание температуры в заданном диапазоне;

– повышение КПД установки;

– обеспечение бесперебойной работы.

Чтобы понять, почему охлаждение является важным аспектом, разберем, что из себя представляет лазерная трубка. Ее корпус, состоящий из стекла, содержит 3 автономных контура, которые герметично запаяны. Еще с завода в него закачана газовая смесь. Газ внутри трубки состоит из нескольких элементов

– углекислый газ (CO2), азот (N), гелий (He). Он способен создавать фотоны, источником которых служат электроды, которые располагаются внутри отсека. В отделе с газовой смесью, находятся несколько зеркал, которые придают фотонам, скорости и направления. Зеркало, имеющее частичную прозрачность, служит точной выхода светового потока, который, после приходит на специальную линзу, которая фокусирует его в тонкий луч. Возбуждение элементов газовой смеси приводит к их нагреву. Перегрев трубки приводит к снижению КПД излучателя, а длительный нагрев может и вовсе привести к появлению трещины в стекле. Именно поэтому поддержание оптимальной температуры в трубке, так важно. Схематическое представление трубки можно увидеть на рисунке 1, представленном ниже.

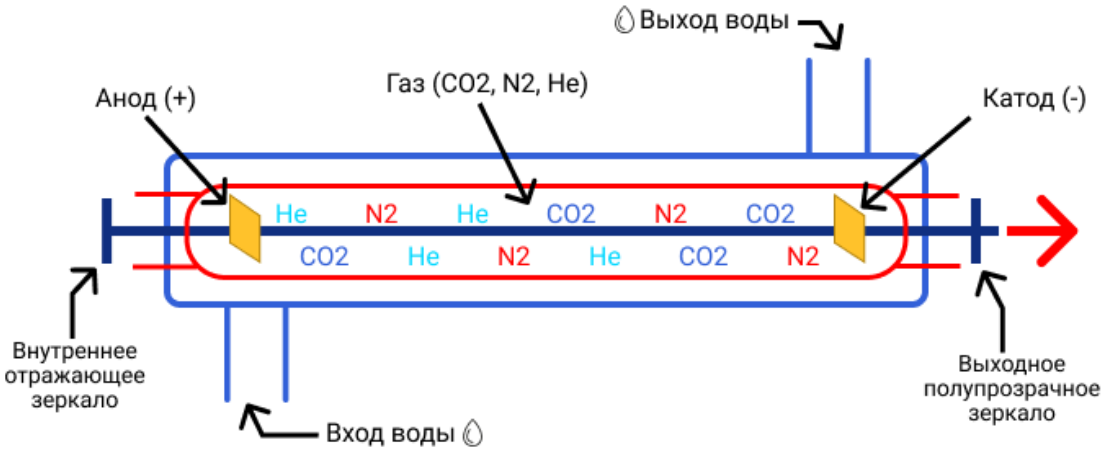


Рисунок 1 – Схематическое представление лазерной трубки

Далее рассмотрим возможные преимущества и недостатки использования данной трубки, к плюсам относятся:

– повышенное качество резки и точность воздействия;
– высокая скорость обработки материала;
– высокая производительность;
– низкие показатели вибрации и шума;
– возможность обработки практически всех материалов;
– низкие затраты электроэнергии;
– минимально возможные показатели брака;
– универсальность и взаимозаменяемость элементов;
– компактность.

Из недостатков можно отметить:

– ограниченное время эксплуатации лазерной трубки;
– хрупкость конструкции;
– необходимость постоянного охлаждения устройства во время работы;
– необходимость настройки мощности лазера для разных типов материала;

– возможные сбои при низкочастотном воздействии;

– невозможность работы с металлами.

В статье была поднята проблема важности охлаждения лазерных станков. Были описаны цели и задачи охлаждения, а также рассмотрены методы по охлаждению. Был представлен короткий разбор принципа работы лазерной трубки, а также ее преимуществ и недостатков.

Список литературы

1. Охлаждение лазерной трубки [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://torden.ru/2021/04/ohlazhdenie-lazernoj-trubki/ – Дата проверки: 10.12.2023.

2. Как работают лазерные трубки CO2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vektorus.ru/blog/printsip-raboty-lazernoj-trubki-so2.html#:~:text=Ключевым%20элементом%20всех%20лазерных%20станков,отрегулирован%20оператором%20станка%20с%20ЧПУ – Дата проверки: 30.12.2023.

3. Как правильно охлаждать и эксплуатировать лазерную трубку CO2? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://virand.ru/2021/02/02/kak-pravilno-ohlazhdat-lazernuyu-trubku/- Дата проверки: 05.01.2024.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИН ИЗ ТВЁРДОГО СПЛАВА

Русакова О.А., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Из твёрдого сплава изготавливают разнообразные многогранные пластины для режущего инструмента, которые применяются в токарных, фрезерных и др. станках, в том числе с ЧПУ. Их использование в металлообработке привело к значительному росту производительности, скорости резания и стойкости. Однако в период санкций Российские машиностроительные предприятия столкнулись с проблемой приобретения у зарубежных поставщиков различного режущего инструмента, в том числе и пластин из твёрдого сплава. В связи с этим разработка и рациональное применение отечественных твердых сплавов для изготовления режущего инструмента является актуальной проблемой [1].

В технологии изготовления пластин из твёрдого сплава можно выделить пять основных этапов:

- приготовление пластификатора;
- приготовление смеси;
- формирование прессованием;
- предварительное спекание;
- спекание в вакууме.

На первом этапе подготавливают тару под изготовление пластификатора (обычно это бак из нержавеющей стали с автоматической мешалкой), которая должна быть чистой без мусора и пыли. Это необходимо соблюдать для чистоты получаемого пластификатора. Далее нарезается кусочками синтетический каучук, который вымачивается в течение 48 часов в воде. Вымоченный каучук раскладывается на противень, равномерно распределяя кусочки (предварительно на противень необходимо расстелить полиэтилен). После чего каучук просушивают при комнатной температуре в течение 8 часов. Затем соблюдая пропорции, помещают его на 48 часов в подготовленную тару с налитым бензином (нефрас) для растворения (рисунок 1). После того как каучук полностью растворён в бензине, и получившаяся жидкость при рассмотрении напоминает кисель, подготавливается фильтр для процеживания пластификатора. Фильтр обычно состоит из трёх слоев марли и слоя ваты. Изготавливают его по следующему принципу: выкладывают на чистую ровную поверхность два слоя марли, затем вату избегая пробелов, и сверху накрывают ещё слоем марли. Через фильтр процеживают пластификатор в чистую подготовленную тару из нержавеющей стали. Полученную жидкость отстаивают в течении 16 часов для того, чтобы осадок осел на дно тары. Далее полученный отстоявшийся раствор проходит лабораторную проверку на зольность (чистота раствора).

Рисунок 1 – Основные компоненты для приготовления пластификатора (синтетический каучук и бензин)

На втором этапе с помощью совка из нержавеющей стали и противня с высокой точностью (10 гр.) взвешивается порошок твёрдого сплава (например: ВК10ХОМ, ВК8, Т15К6 и т.д.). Далее отмеряется необходимый объём пластификатора и вливается в противень с отмеренным количеством порошка (рисунок 2.а). После чего с помощью миксера осуществляется смешивание смеси в интервале от 45 до 60 минут (рисунок 2.б).

а) *б)*

а – разведение смеси; *б* – смешивание смеси с помощью миксера.

Рисунок 2 – Приготовление смеси

Готовая смесь должна быть похожа на сметанообразную массу. Подготовленную смесь необходимо просушить в вакуумно-сушильном шкафу при температуре от 75℃ до 80℃. При сушке смесь необходимо перемешивать каждые 10-15 минут, тщательно перемешивая и разбивая комочки шпателем из нержавеющей стали. Далее тщательно высушенную смесь просеиваем через латунную сетку используя резиновую подушку, как бы втирая смесь в латунную

сетку. Готовую смесь засыпаем в чистую тару и закрываем крышкой, чтобы избежать посторонних контактов с внешней средой. В таком состоянии она храниться в вакуумно-сушильном шкафу до использования.

На третьем этапе предварительно подготавливаются прессформа, знак и пуансон (рисунок 3). Они должны быть очищены от пыли и старой смеси. Так же протираются поверхности оборудования, которые будут использоваться при прессовании (блины и поверхность непосредственно соприкасающуюся с прессформой). Данные для прессования пластин берутся из табличных данных, рассчитанных для каждого материала. После того, как вес и давление подобраны и получен необходимый размер до спекания, все данные фиксируются и используются в дальнейшей работе с определенной прессформой.

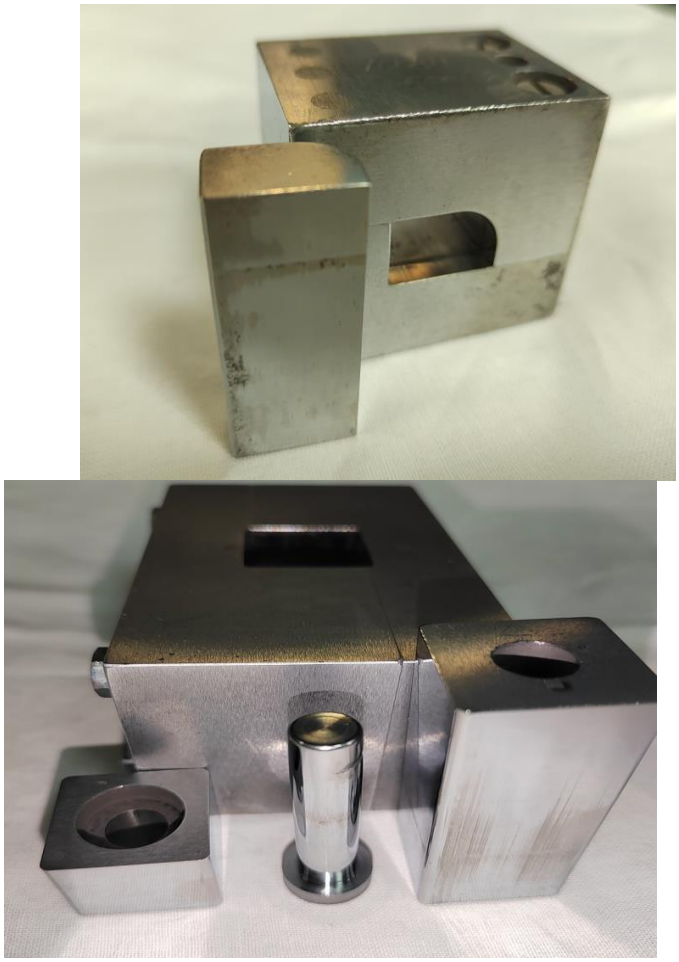


Рисунок 3 – Фотографии прессформ, знаков и пуансонов

На четвёртом этапе берётся графитовый тигель (лодка) на дно которой засыпается графитовая крупа фракцией от 1 до 2 мм. На неё выкладываются подготовленные для спекания пластины (рисунок 4), расстояние между которыми должно быть от 1 до 2 мм.

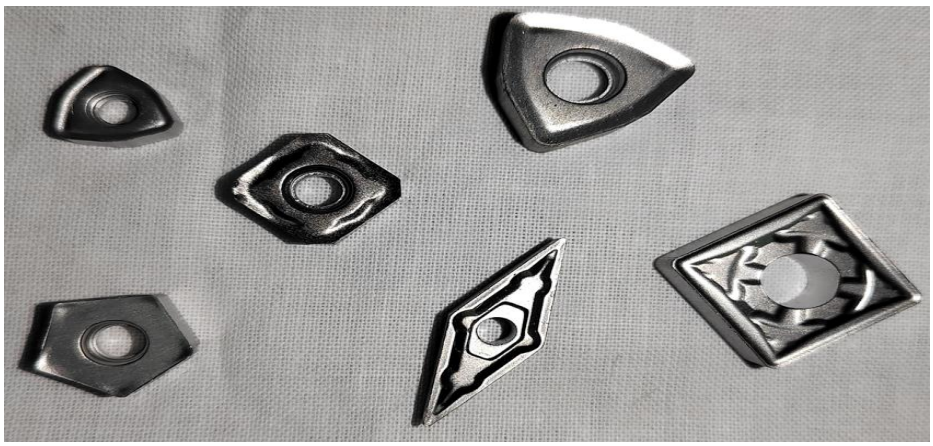


Рисунок 4 – Подготовленные для спекания пластины

Затем сверху засыпается графитовая крупа слоем 10 мм. Далее слои повторяются и могут состоять из трёх. После этого тигель помещается в зону печи. Загрузочная крышка печи закрывается и замазывается герметиком. Муфель печи продувается и устанавливается подача аргона от 50 до 70 л/час. Включается печь и осуществляется нагрев до 400℃ со скоростью 100℃/час. Затем при скорости 200℃/час происходит нагрев до температуры 900℃ после чего пластины выдерживаются при этой температуре в течении 1 часа. После этого тигель продвигается в холодильную камеру и выключается подача аргона. Тигель выгружается из печи. Поверхность пластин проходит визуальную оценку спекальщиком. Поверхность заготовок должна быть глянцевой, однородной. Те пластины, которые имеют затемненный окрас, являются окисленными и считаются браком.

На последнем пятом этапе осуществляется спекание пластин в вакууме. Для этого предварительно пластины выкладываются на тигель с зазором от 1 до 2 мм. Сверху они накрываются вторым тиглем, как крышкой. Затем он помещается в рабочую зону печи (рисунок 5), и запускается термическая обработка по программе для соответствующего материала, который спекается. После спекания пластины проходят следующие виды контроля: контроль твёрдости, контроль плотности, контроль микроструктуры, проверка на пористость, проверка прочности на изгиб, определение химического состава.

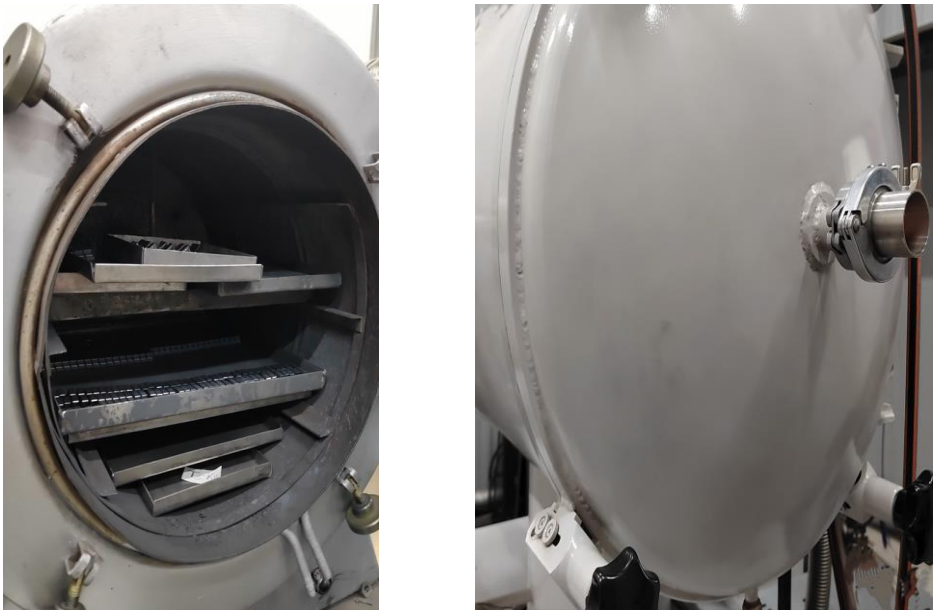


Рисунок 5 – Печь для спекания пластин в вакууме

Реализация проекта импортозамещения твердосплавного режущего инструмента в России позволит снизить зависимость ключевых отраслей промышленности от поставок зарубежных производителей.

Список литературы

1 Памфилов, Е.А. К вопросу импортозамещения твёрдых сплавов для изготовления режущего инструмента / Е.А. Памфилов, А.М. Буглаев, А.Н. Толстяков // Новые материалы и технологии в машиностроении, 2017. - № 26. - С. 55-61.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Медведева Ю.О., Магдин А.Г.,канд. техн. наук,
Припадчев А.Д, д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдина Т.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Порошковые материалы, также известные как порошки, представляют собой уникальный тип материалов, состоящих из мельчайших частиц. Они создаются из разных веществ, включая металлы, керамику, полимеры и прочие. Размеры и формы порошковых частиц могут варьировать от микроскопических до крупных гранул.

Самым главным преимуществом порошковых материалов является их большая поверхность по сравнению с твердыми материалами одинаковой массы. Это играет значительную роль во многих областях применения, поскольку повышенная поверхность способствует увеличению реактивности и способности к диффузии, обеспечивая легкое взаимодействие с другими материалами и заполнение микроскопических промежутков. Материалы обладают высокой текучестью, низкой плотностью и способностью к спеканию при нагреве. Эти материалы используются в различных сферах промышленности для производства широкого спектра изделий. Рассмотрим несколько типов промышленности, в которых применяются порошковые материалы:

Например, автомобильная промышленность, в данной сфере они применяются при изготовлении комплектующих, таких как поршни, шатуны, клапаны и шестерни, благодаря низкому трению, высокой прочности и долговечности.

Следующая сфера — медицинская, в ней порошковые материалы применяются для создания имплантатов, а также протезов и инструментов, которые способны успешно интегрироваться с организмом.

В энергетической отрасли рассматриваемые материалы используются для производства компонентов турбин и генераторов с высокой теплостойкостью и антикоррозионными свойствами.

Помимо уже упомянутых отраслей, порошковые материалы также применяются в химической, нефтегазовой, аэрокосмической и других сферах. Их применение способствует делать материалы с рационализированными свойствами, повышать эффективность производственных процессов и разрабатывать новые технологии. В настоящее время проводится исследование и выработка новых порошковых материалов и методов их обработки, чтобы удовлетворить растущий спрос на высокопроизводительные материалы.

Порошковая металлургия характеризуется следующими особенностями:

—Гибкость в выборе материалов: порошковая металлургия может производить изделия с широким диапазоном свойств и характеристик благодаря наличию огромного выбора материалов.

—Высокая точность формы: порошковая металлургия позволяет производить изделия с высокой точностью формы и размеров. Это особенно важно при производстве тонкостенных деталей и деталей со сложной геометрией.

—Возможности получения полимерных материалов: рассматриваемые материалы позволяют получить материалы с контролируемым полимерным составом. Может быть полезным, к примеру, в производстве фильтров и материалов, предназначенных для очистки.

—Возможность получения пористых материалов: порошкообразная металлургия дозволяет получать материалы с отслеживаемой пористостью. Это эффективно, например, при изготовлении фильтров и адсорбционных материалов.

—Экономическая эффективность: металлургия позволяет производить продукцию с минимальным количеством отходов, что делает использование материалов более эффективным. Она также экономит ресурсы за счет сокращения количества операций и времени производства.

Также у порошковой металлургии имеется несколько ограничений, которые хочется отметить.

Первое ограничение — это ограничение по размеру. Полимерная обработка имеет ограничения по размеру потребляемых изготовок. Чаще всего это связано с размерами используемого оборудования и технологическими ограничениями.

Второе ограничение — ограничение по материалу. Нельзя использовать некоторые материалы для порошкового металла, потому что они могут не соответствовать процессу или не иметь свойств, необходимых для того, чтобы получить качественный продукт.

Третье ограничение — сложность контроля качества. Порошковая металлургия включает в себя множество процессов и параметров, что делает контроль качества продукции более сложным. Поэтому для обеспечения высокого качества продукции могут потребоваться дополнительные усилия и ресурсы.

И последнее, четвертое ограничение — это достаточно дорогостоящее оборудование. Для порошковой металлургии требуется специальное оборудование, которое стоит дорого при покупке и сервисе. Это могут стать препятствиями для малого и среднего бизнеса и стартапов.

Подводя итог, можно отметить, что порошковые материалы применяются во многочисленных сферах, начиная от автомобильной сферы, где производятся комплектующие на автомобили различных классов, заканчивая медицинской сферой, где изготавливаются протезы, которые необходимы людям в трудных ситуациях. Поэтому порошковая металлургия, вероятно, станет одним из главных методов производства благодаря своим преимуществам, даже не смотря на ее недостатки.

Список литературы

1. Композиционные материалы в ракетостроении [Электронный ресурс] / А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов, В. С. Арискин // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры

: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 26-27 янв. 2022 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т" ; ред. А. В. Пыхтин. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2022. - . - С. 1591-1595. . - 5 с.

2. Система транспортировки материалов [Электронный ресурс] / А. Г. Магдин, В. С. Арискин, И. В. Гузь, К. Е. Анохин // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. LII Междунар. науч.-практ. конф.,15 янв. 2022 г., Пенза : в 2 ч. / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. - Электрон. дан. - Пенза : Наука и Просвещение,2022. - Ч. 1. - С. 72-74. . - 3 с.

3. Конструкция самолетов : учебник для вузов / О. А. Гребеньков, В. П. Гоголин, А. И. Осокин, В. Ф. Снигирев, В. Г. Шатаев ; под. ред. проф. О. А. Гребенькова. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 1999. – 320 с. – ISBN 5-7579-0241-8;

4. Материалы, работающие при низких температурах [Электронный ресурс] / Р. А. Нестеренко, А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием : сб. материалов конф., 21 апр. 2021 г., Ярославль : в 2 ч. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Ярослав. гос. техн. ун-т". - Электрон. дан. - Ярославль : Изд-во ЯГТУ,2021. - Ч. 1. - С. 580-582. . - 3 с.

5. Электронный каталог Научные Статьи. Ru [Электронный ресурс] : база данных содержит большое количество научных статей на разные темы. Режим доступа: https:// nauchniestati.ru

ВОЗМОЖНОСТИ, КОТОРЫЕ ОТКРЫВАЕТ ВЕБ-РАЗРАБОТКА В PLM-СИСТЕМАХ

Мостовых Н.С., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

С каждым новым годом, требования к программному обеспечению (ПО) растут все больше и больше. Так в 2020 году, в связи с новыми потребностями, руководством АСКОН был запущен проект по переводу всего ПО на операционную систему Linux. Одним из приложений, входящих в состав ПО АСКОН, является система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия ЛОЦМАН:PLM. В рамках данного проекта компанией АСКОН было решено реализовать кроссплатформенную версию этой системы, поэтому дальнейшая разработка велась уже в веб-среде с использованием модуля C3D Web Vision для отображения моделей [1].

Благодаря компоненту веб-визуализации, получилось реализовать некоторые возможности в веб-клиенте, такие как:

– построение сечения модели секущей плоскостью;

– управление 3D-сценой: панорамирование, вращение, зумирование и переключение стандартных видов;

– управление отображением модели (полутоновое, каркас, полутоновое с каркасом) [2].

В декабре 2022 года компания АСКОН выпустила новую версию программного комплекса для управления жизненным циклом изделия. В состав решения вошел полностью переработанный веб-клиент системы управления инженерными данными ЛОЦМАН:PLM. Согласно дорожной карте АСКОН по переходу на Linux это кроссплатформенное клиентское приложение со временем заменит существующее настольное.

Текущая версия Web-клиента, на данный момент, позволяет выполнять:

– чтение информации, включая объекты, атрибуты, связи, версии, состояния, файлы документов, вторичное представление;

– сохранение файлов на устройство пользователя (рабочая станция, планшет, смартфон), в том числе набор файлов 3D-модели сборки изделия;

– настройку фреймов интерфейса (состав и расположение информации, размеры вкладок и окон);

– привязку настроек интерфейса к профилям пользователей ЛОЦМАН:PLM.

Данная версия клиента является первой версией для будущего кроссплатформенного PLM-комплекса [2].

Интерфейс веб-клиента ЛОЦМАН:PLM представлен на рисунке 1.

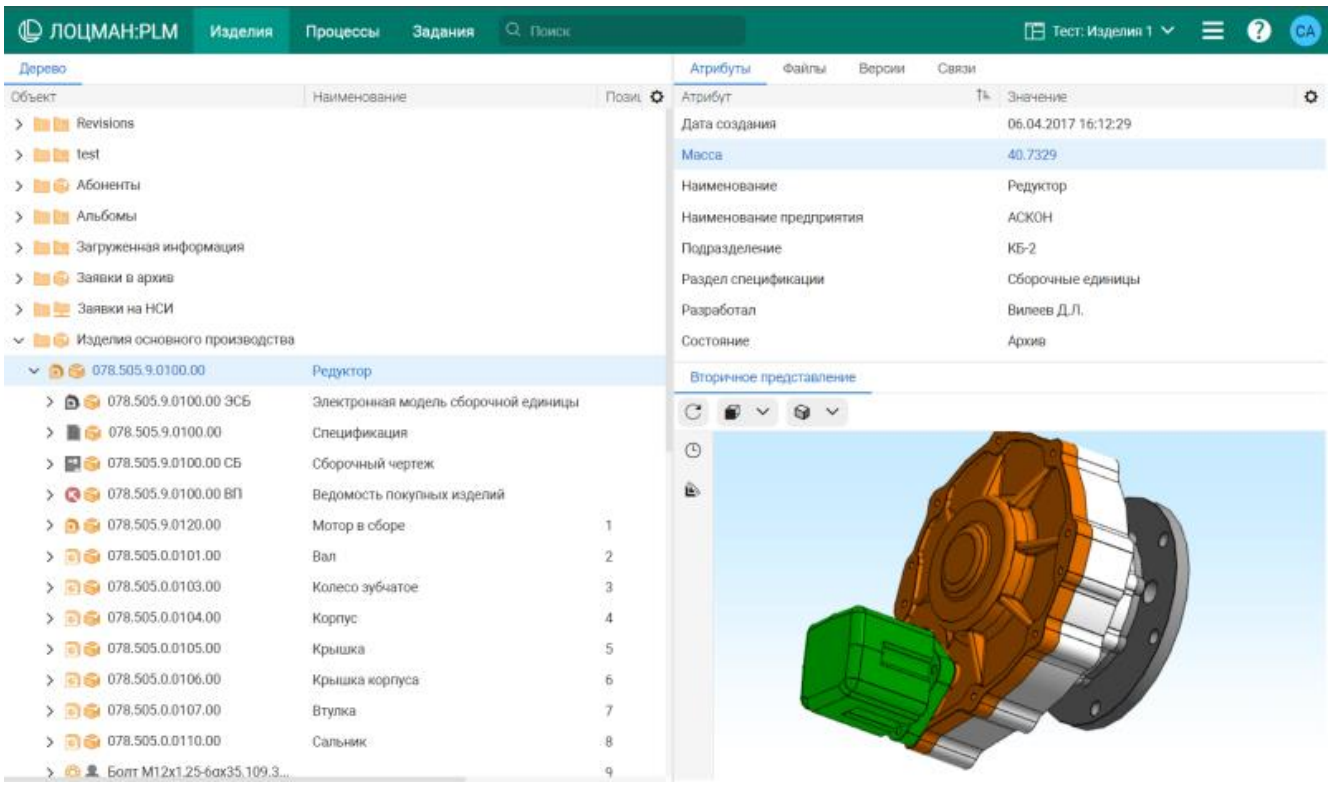


Рисунок 1 – Интерфейс веб-клиента ЛОЦМАН;PLM

Так как данная кроссплатформенная система появилась только недавно, она не может не нуждаться в отладке и улучшении. В качестве дополнения к этой системе, можно перестроить уже имеющийся проект, который позволяет быстро создавать проекты изделия [3], но уже не в клиентском приложении, а в Web-клиенте. Для этого необходимы знания веб-разработки, так как продукт представляет собой приложение ASP.NET, которое функционирует на веб-сервере IIS – Microsoft Internet Information Services и работает с учетными записями SQL.

Также некоторые улучшения могут быть нацелены на адаптацию веб-клиента на мобильных устройствах. Такой вопрос активно рассматривался в одной из статей [4]. В данной статье, автор, исследует алгоритм сегментации и процесс адаптации веб-клиента на мобильных устройствах PLM-системы Teamcenter. Проблемы, с которыми предстоит столкнуться в ходе адаптации контента:

– различия в экранах телефона;
– разнообразие методов ввода и вывода;
– ограничение ресурсов устройств;
– сетевое соединение уязвимо;
– количество поддерживаемых языков и форматов огромно.

В заключение можно сказать, что веб-клиент ЛОЦМАН:PLM имеет большой потенциал в развитии, так как это даёт новые возможности для реализации необходимого функционала, будет доступен из любой точки мира, появляется возможность работать на маломощных системах.

Целью же данного исследования, нацеленного на поиск возможностей, которые открывает веб-разработка в PLM-системах, является обеспечение работы

системы управления данными об изделии независимо от вводимых ограничений на использование системного ПО.

Следовательно, задачи, которые будут выполняться в процессе исследования:

– системный анализ предметной области;
– разработка моделей автоматизации;
– разработка прототипа системы;
– экспериментальное исследование и оценка его эффективности.

Список литературы

1 C3Days 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://c3dlabs.com/ru/blog/tech-tips/c3days-2022 – 13.01.2024.

2 Новинки от C3D Web Vision в ЛОЦМАН:PLM 22.2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://c3dlabs.com/ru/blog/customer-stories/ – 13.01.2024.

3 Мостовых, Н.С. Подсистема создания проекта изделия в ЛОЦМАН:PLM / Н.С. Мостовых, А.И. Сергеев // XI Всероссийская конференция «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии»: сб. мат. конф. / Орен. гос. ун. – Оренбург, 2023.

4 Сокольников, В.В. Адаптация web клиента plm системы Teamcenter для мобильных устройств / В.В. Сокольников, О.В. Собенина, Н.В. Сафронова // Материалы XXI Международной научно-методической конференции / Воронеж. гос. техн. ун. – Воронеж, 2021. С. 1638-1643

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Мустафин А.И., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Опасные производственные объекты (ОПО) представляют собой объекты, где существует угроза возникновения аварийных ситуаций или пожаров, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям, опасным последствиям для здоровья и жизни людей, а также нанести значительный ущерб окружающей среде [1].

Типы опасных производственных объектов могут включать химические заводы, нефтеперерабатывающие предприятия, энергетические установки, склады химических веществ и другие, где производятся или хранятся опасные или взрывоопасные материалы.

На таких объектах особенно важно обеспечить надежную систему пожаротушения, включая автоматизированную систему газового пожаротушения [2]. Она способна обнаруживать и тушить пожары быстрее, чем люди или пожарные службы могут прибыть на место, что особенно важно в случае ОПО, где пожары могут возникнуть сразу с большой силой и быстро распространяться.

Кроме того, на опасных производственных объектах могут использоваться различные опасные вещества и материалы, которые требуют специфических методов пожаротушения. Автоматизированная система газового пожаротушения может быть настроена и оптимизирована для эффективного гашения таких пожаров с использованием определенных газовых средств пожаротушения, которые угнетают пламя и предотвращают его распространение [3].

Проведение регулярных проверок и тестирования всех пожаротушащих и аварийных систем является неотъемлемой частью обеспечения безопасности на опасных производственных объектах. Также важно проводить периодическую подготовку и обучение персонала, чтобы они знали, как реагировать в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации. Особое внимание должно быть уделено обучению персонала при пожаре или другой чрезвычайной ситуации. Также необходимо оттачивать знания и навыки по использованию пожаротушащего оборудования. Регулярная подготовка и проведение тренировок помогут персоналу сохранить спокойствие и эффективно действовать в случае пожара [4].

Автоматизированная система газового пожаротушения на опасных производственных объектах является ключевым инструментом для обнаружения и тушения пожаров с использованием газовых средств пожаротушения. Состоящая из датчиков, системы контроля и управления, газовых баллонов или резер-

вуаров с газом, сетей распределения газа и форсунок, система позволяет автоматически реагировать на пожар и предотвращать его распространение.

Все пожарные системы, включая автоматизированные системы газового пожаротушения, должны регулярно проверяться и испытываться для обеспечения их надежной работы в случае пожара. Это может включать проверку датчиков на работоспособность, проверку состояния клапанов и систем подачи газа, проверку работоспособности систем управления и многое другое [5].

Важно отметить, что разработка и установка автоматизированных систем газового пожаротушения должны выполняться опытными специалистами, имеющими соответствующую квалификацию и знания в области пожарной безопасности [6]. При разработке таких систем необходимо учесть все возможные опасности, определить наиболее эффективные методы и средства пожаротушения, а также применяемые газы и их потенциальные последствия.

Установка и обслуживание автоматизированных систем газового пожаротушения также требует особой внимательности и профессионализма. Это включает правильное подключение к системам электропитания, настройку и проверку датчиков, клапанов и других компонентов системы, а также регулярную проверку и тестирование их работоспособности [7].

Одним из преимуществ автоматизированных систем газового пожаротушения является их быстрая реакция на пожар и возможность начать тушение еще до прибытия пожарной команды. Благодаря этому время реакции сокращается, что приводит к уменьшению повреждений и потерь. Использование газовых средств пожаротушения, таких как инертные или хладоновые газы, позволяет эффективно угнетать пламя и предотвращать его дальнейшее распространение.

Кроме того, автоматизированные системы газового пожаротушения не оставляют следов или отходов после использования, что делает их приемлемыми с точки зрения экологической безопасности. Это становится особенно важным фактором при выборе метода пожаротушения на опасных производственных объектах, где различные опасные вещества и материалы могут быть задействованы и могут представлять угрозу окружающей среде.

Важно помнить, что автоматизированная система газового пожаротушения не является единственной мерой пожарной безопасности на опасных производственных объектах. Другие системы, такие как системы обнаружения пожара и оповещения, системы аварийного отключения электроэнергии, системы автоматического пожаротушения с применением воды или пены, также должны быть установлены и обслуживаться регулярно.

Кроме автоматизированной системы газового пожаротушения, на ОПО также должны быть установлены другие меры пожарной безопасности. Это может включать системы оповещения о пожаре, системы автоматического пожаротушения с применением воды или пены, системы аварийного отключения электроэнергии и другие.

Однако следует отметить, что автоматизированные системы газового пожаротушения требуют особой внимательности при их разработке, установке и

обслуживании. Необходимо учитывать специфические особенности каждого опасного производственного объекта, а также соответствующие нормативно-технические требования и стандарты. Также стоит учитывать типы опасных веществ и материалов, требования безопасности и законодательство, чтобы обеспечить правильный выбор и настройку системы. Только таким образом можно достичь оптимальной эффективности и надежности пожаротушения на опасных производственных объектах.

В целом, автоматизированная система газового пожаротушения является важным элементом обеспечения безопасности на опасных производственных объектах. Однако она должна использоваться в сочетании с другими системами и мерами пожарной безопасности, а также требует правильной разработки, установки, обслуживания и проверки для обеспечения ее надежной работы.

Список литературы

1 ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля, [Электронный ресурс] URL: http://base.garant.ru/3923968/.

2 Пожарная автоматика: состояние вопроса и перспективы развития. /Фомин В.И. // Сборник лекций для руководящего состава МЧС России. Книга – 2-е. Изд. 2-е, доп. и перераб; под общ.ред. В.Ф. Мищенко – М.: ООО «ИПП» «КУНА», 2014.

3 Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М.: ВНИИПО, 2013.

4 Нормы пожарной безопасности НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите», утверждены Приказом МЧС РФ от 18.06.2013 N 315., [Электронный ресурс] URL: http://base.garant.ru/186065/.

5 Система пожаротушения [Текст]: заявка: 2005118345/12, 14.06.2005 Рос. Федерация: МПК A62C5/00 (2006.01); Автор(ы): Березин Сергей Евгеньевич (RU), Трошин Андрей Станиславович (RU), Макаров Эрнст Александрович (RU), Фукс Михаил Зейликович (RU); опубл. 10.04.2017 Бюл. № 10- 2 с.: ил.

6 Система пожаротушения [Текст]: заявка: 2005108317/12, 24.03.2005 Рос. Федерация: МПК A62C35/58 (2006.01); Автор(ы): Белокопытов Олег Константинович (RU), Лебедевич Евгений Иванович (RU), Новиков Леонтий Михайлович (RU), Чебуркин Николай Всеволодович (RU) опубл. 27.10.2016 Бюл. № 30: ил.

7 Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация: Учебник / Научн. ред. канд. техн. наук, доц. А. А. Навацкий. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2015г. - 335 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Никитин И.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Ракетостроение – одна из самых передовых и технологически развитых отраслей мировой промышленности. Оно требует применения современных технологий на каждом этапе – от проектирования до непосредственного создания ракеты и ее запуска [1].

Одно из главных направлений развития современных технологий в ракетостроении – автоматизация и цифровизация производства. Это включает в себя использование робототехники, искусственного интеллекта и компьютерного моделирования для оптимизации процессов проектирования и изготовления ракет, например, компания SpaceX активно использует роботов для сборки своих ракет Falcon 9 и Falcon Heavy. Это позволяет значительно сократить время сборки и повысить точность выполнения операций.

Компьютерное моделирование также играет важную роль в проектировании ракет. С его помощью можно быстро и эффективно проводить виртуальные испытания ракет, выявлять возможные проблемы и оптимизировать конструкцию [2,3].

Современные ракеты требуют использования самых передовых материалов и технологий производства. Одно из таких направлений – использование композитных материалов, которые обладают высокой прочностью и легкостью, что позволяет уменьшить массу ракеты и увеличить ее полезную нагрузку.

Не смотря на большой спектр современных и перспективных технологий, применяемых в ракетостроении, в данной статье мы обратим свое внимание на особенности использования аддитивных технологий в ракетном производстве и их влияние на развитие отрасли.

Аддитивные технологии – это методы создания трехмерных объектов путем последовательного наращивания материала, а не послойного его удаления, как это происходит при традиционных методах обработки. В последнее время эти методы стали активно применяться во многих отраслях промышленности, в том числе и в ракетостроении.

Существует несколько различных технологий аддитивного производства, включая стереолитографию, лазерное спекание, селективное лазерное плавление и другие. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретной технологии зависит от требуемых характеристик изделия, доступных материалов и производственных условий.

В последние годы аддитивные технологии становятся все более популярными в различных отраслях промышленности, включая

аэрокосмическую, автомобильную, медицинскую и другие. Это связано с тем, что аддитивное производство позволяет создавать уникальные и сложные детали, которые трудно или невозможно изготовить традиционными методами, а также снижает затраты на производство и ускоряет процесс разработки новых продуктов.

Однако, аддитивные технологии также сталкиваются с некоторыми проблемами, такими как ограниченная доступность материалов, необходимость в специализированном оборудовании и сложность контроля качества продукции, тем не менее, с развитием науки и технологий эти проблемы могут быть решены, и аддитивное производство может стать еще более важным инструментом для создания инновационных продуктов и услуг в будущем.

В ракетостроении аддитивные технологии применяются для создания различных деталей и компонентов ракет, таких как корпус ракеты, детали двигателя, обтекатели, различные аэродинамические поверхности, элементы крепления и другие. Использование аддитивных технологий позволяет существенно сократить время и затраты на производство, поскольку исключаются трудоемкие операции по созданию сложной формы детали, требующие большого количества материалов и времени.

Одним из основных преимуществ аддитивного производства является возможность создания деталей сложной геометрической формы, которые невозможно или очень трудно изготовить традиционными методами. Это позволяет создавать более эффективные и экономичные конструкции ракет, уменьшать их вес и улучшать аэродинамические характеристики.

Еще одним важным аспектом использования аддитивных технологий в ракетной отрасли является возможность быстрого прототипирования.

Создание прототипов ракет и их компонентов позволяет проводить испытания и вносить корректировки в конструкцию, что значительно сокращает время до запуска ракеты в серийное производство.

Выбор материала для аддитивного производства зависит от требований к детали и условий эксплуатации ракеты. В основном используются следующие материалы:

– металлы (алюминий, титан, нержавеющая сталь) – для создания прочных и долговечных деталей, способных выдерживать высокие нагрузки и температуры;

– полимеры (полиамид, полистирол, полиэтилен) – для изготовления легких и прочных деталей с хорошими теплоизоляционными свойствами;

– композитные материалы (углерод, стеклоткань) – для производства деталей с высокой прочностью и жесткостью, но при этом легких и устойчивых к коррозии;

– керамика – для создания деталей, устойчивых к высоким температурам и агрессивным средам;

– порошковые материалы (металлы, полимеры, композиты) – для сокращения времени производства и снижения затрат на изготовление деталей.

С развитием технологий аддитивное производство становится все более

автоматизированным и точным [4,5].

Некоторые из наиболее перспективных технологий, которые уже активно используются в ракетной индустрии, включают в себя:

– лазерное спекание и сплавление: эти технологии позволяют создавать прочные детали с высокой прочностью, точностью и однородностью, что обеспечивает более эффективное и надежное функционирование агрегата, в котором применяются детали, изготовленные с помощью лазерного спекания, например воздуховод сложной формы для прямоточного двигателя гиперзвуковой ракеты;

– электронно-лучевое плавление: этот метод позволяет создавать детали из самых разнообразных материалов с высокой плотностью и прочностью из жаропрочных материалов, таких как титан и нержавеющая сталь. Такие детали используются в конструкции ракетных сопел, корпусов ракет и других элементов, работающих при высоких температурах;

– струйное моделирование: эта технология позволяет создавать сложные трехмерные объекты из термопластичных материалов с высокой степенью точности и детализации, например аэродинамические поверхности ракет;

Использование аддитивных технологий является одним из ключевых факторов развития ракетной промышленности. Они позволяют создавать более эффективные, легкие и прочные детали для ракет, сокращая время и затраты на их производство. Современные технологии аддитивного производства, такие как лазерное спекание, сплавление и электронно-лучевое плавление, делают этот процесс еще более точным и эффективным. В будущем ожидается еще большее внедрение аддитивных технологий и инноваций в ракетное производство, что позволит создавать еще более эффективные и надежные ракеты.

Список литературы

1 Проскурин В.Д. Технология сборочно–сварочных работ в производстве летательных аппаратов: учебное пособие / В.Д. Проскурин. – Оренбург: Оренбургский государственный ун–т., 2016. – 137 с.

2 Еленев В.Д. и др. Электронная библиотека типовых решений в автоматизированном проектировании и конструировании ракет–носителей: учебное пособие / В.Д. Еленев и др. – Самара: Изд–во Самар. гос. аэрокосм. ун–та, 2007. – 96 с.: с ил.

3 Каргин Н.Т. Конструкция и проектирование изделий ракетно–космической техники: учебное пособие / Н.Т. Каргин, В.В. Волоцуев. – Самара: Минобрнауки России, Самар. гос. акэрокосм. ун–т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун–т), 2012. – 163 с.: с ил.

4 Астапов В.Ю., Хорошко Л.Л., Дудков К.В. Оценка применения аддитивных технологий для создания аэродинамических моделей космических головных частей//Труды МАИ. Учредители: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) Выпуск № 101

5 Белов, Г. В. Основы проектирования ракет: учебное пособие для вузов / Г.В. Белов, С.И. Зонштайн, А.П. Оскерко. – Москва: Машиностроение, 1974. – 256 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК

Нимыкин И.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Оренбургский государственный университет"

В данной статье рассматривается актуальная задача автоматизации процесса подачи трубных заготовок в валки на современных трубопрокатных предприятиях. Проведен анализ существующих методов подачи заготовок, выявлены существенные недостатки ручного труда - низкая производительность, высокий брак продукции, травмоопасность. Отмечено отставание российских предприятий по уровню автоматизации от зарубежных аналогов, где активно применяются промышленные роботы и конвейеры. Сформулированы требования к разрабатываемой отечественной системе автоматизированной подачи заготовок с точки зрения производительности, надежности, адаптивности. Предложено конструктивное решение на базе роботов-манипуляторов Kawasaki, ленточных конвейеров, системы технического зрения и ПЛК Siemens S7-1500. Приведен алгоритм работы системы, включающий выравнивание, контроль геометрии и смазку заготовок. Определены ключевые технические параметры производительности, грузоподъемности, диапазона размеров заготовок. Показано, что внедрение системы обеспечит существенный экономический эффект за счет повышения объемов и качества производства труб, снижения издержек, улучшения условий труда персонала, оптимизации материальных потоков на основе принципов бережливого производства.

Автоматизация производственных процессов является важной тенденцией развития современной промышленности. Одним из ключевых процессов в трубопрокатном производстве, требующим автоматизации, является подача трубных заготовок в валки для дальнейшей обработки [1]. Ручная подача заготовок не только трудоемка и неэффективна, но и создает риски для здоровья рабочих.

Целью данного исследования является разработка и внедрение автоматизированной системы подачи трубных заготовок на основе манипуляторов и конвейеров. Это позволит повысить производительность труда, снизить издержки предприятия и улучшить условия труда персонала.

Актуальность работы обусловлена тем, что в отечественной практике трубопрокатного производства автоматизация подачи заготовок пока не получила достаточно широкого распространения. Большинство предприятий по-прежнему используют устаревшие ручные методы. Между тем зарубежный опыт показывает высокую экономическую эффективность автоматизированных систем [4]. Таким образом, разработка отечественных решений в этой сфере представляется чрезвычайно своевременной и важной для повышения конкурентоспособности российской металлургии.

В данной статье на основе анализа существующих технологий будет предложена система автоматической подачи заготовок с использованием промышленных роботов-манипуляторов и ленточных конвейеров.

Трубные заготовки представляют собой полуфабрикат в виде отрезков труб, используемых для дальнейшей обработки и изготовления готовых труб.

Исходным материалом для производства трубных заготовок являются, как правило, стальные слитки или слябы. Методы получения заготовок включают поперечную прокатку на станах, раскатку на пилигримовых станах, а также продольную прокатку слябов непрерывным способом [2].

Готовые трубы из трубных заготовок широко используются в различных отраслях промышленности [3, с. 133]:

- нефтегазовая сфера - трубопроводы, обсадные трубы для бурения скважин;
- энергетика - парогенераторы, теплообменники, котельные установки;
- машиностроение - гидро- и пневмосистемы, детали трансмиссий;
- судостроение - трубопроводы на морских судах;
- строительство - элементы водо- и теплоснабжения зданий.

Таким образом, качество трубных заготовок напрямую влияет на надежность и безопасность конечной продукции во многих важнейших областях.

Ручная подача трубных заготовок до сих пор широко применяется на многих российских трубопрокатных предприятиях [3]. Данный метод подразумевает перемещение заготовок к валкам стана и установку их в рабочую позицию вручную с помощью специальных ломов.

К недостаткам этого метода можно отнести:

- низкую производительность труда, связанную с тяжелым физическим трудом персонала и необходимостью выполнения всех операций вручную;
- высокий брак продукции из-за «человеческого фактора» - ошибок и неточности при установке заготовок рабочими;
- повышенную утомляемость и риск травматизма рабочих, связанные с подъемом тяжестей, неудобными позами и высокими температурами на рабочих местах;
- невозможность организации непрерывного автоматизированного производственного процесса.

Таким образом, переход к автоматизированным методам подачи заготовок позволил бы устранить большинство перечисленных недостатков.

В мировой практике прокатного производства все более широкое распространение получают автоматизированные системы подачи заготовок с использованием промышленных роботов, манипуляторов и конвейеров. К примеру:

- система подачи компании SMS group (Германия) на основе портальных роботов с компьютерным зрением;
- автоматизированный склад заготовок Scheer с программируемыми каретками-штабелерами;
- линия подачи японского производителя JP Steel Plantech с ленточными конвейерами и манипуляторами;

В России, к сожалению, внедрение подобных технологий пока находится на начальном этапе. Автоматизированные системы подачи применяются лишь на нескольких передовых предприятиях, в частности на Выксунском металлургическом заводе (роботизированный комплекс подачи слябов) и Загорском трубном заводе (ленточные конвейеры и питатели). Преимущественно сохраняются советские трубопрокаточные системы, однако уже в советское время предлагались конструктивные решения по созданию автоматизированной системы подачи трубных заготовок, в частности, А. М. Бабиным [4].

Учитывая мировые тенденции, переход к автоматизированным системам подачи заготовок может обеспечить российским трубопрокатным предприятиям следующие преимущества:

- повышение объемов производства труб за счет непрерывности процесса;
- снижение себестоимости продукции (за счет роста производительности, сокращения брака);
- повышение качества трубной продукции;
- облегчение условий труда персонала, снижение травмоопасности;
- возможность внедрения принципов "бережливого производства" за счет оптимизации материальных потоков;

На основе анализа технологического процесса трубопрокатного производства и опыта применения автоматизированных систем подачи, были сформулированы следующие основные требования к разрабатываемой системе:

- производительность: не менее 15 циклов подачи в минуту;
- надежная работа в условиях высоких температур и запыленности;
- адаптация к размерам и типам трубных заготовок;
- Возможность интеграции с системами верхнего уровня предприятия.

Предлагаемая система включает в себя:

- промышленные роботы-манипуляторы для захвата и перемещения заготовок (компании Kawasaki с грузоподъемностью 1 тонна, шести-осевые, со специальными захватами для труб);
- ленточные конвейеры и рольганги для транспортировки;
- буферные накопители и устройства выравнивания заготовок;
- систему технического зрения для контроля положения и геометрии заготовок;
- устройство автоматической смазки заготовок перед входом в валки;
- программируемые логические контроллеры (ПЛК) для управления всем оборудованием.

Принцип работы системы заключается в следующем: трубные заготовки из приемного бункера с помощью конвейера подаются в буферный накопитель, где происходит их выравнивание и накопление производственного запаса.

Далее с помощью системы технического зрения определяются габариты очередной заготовки, и робот-манипулятор захватывает её для подачи в валки. Перед входом в валки заготовка проходит узел автоматической смазки.

ПЛК отслеживает непрерывность технологического процесса и управляет всем оборудованием для поддержания заданных параметров производительности и качества.

Данное оборудование отвечает высоким требованиям промышленной эксплуатации, обладает расширенными коммуникационными возможностями, и при этом имеет оптимальное соотношение цены и качества.

Управление движением оборудования реализуется на базе ПЛК, работающего по заранее разработанному алгоритму. На данном этапе предлагается следующий алгоритм:

1) Заготовка поступает на рольганг и датчик начала конвейера формирует сигнал на ПЛК;

2) Камера технического зрения определяет габариты заготовки и отправляет данные на ПЛК;

3) ПЛК вычисляет необходимые параметры захвата и перемещения и отправляет команды на робот-манипулятор;

4) Робот захватывает заготовку с конвейера и перемещает её к валкам стана.

Далее цикл повторяется для следующей заготовки. Предусмотрена отработка различных нештатных ситуаций, включая блокировку работы системы.

Разработанная система автоматической подачи трубных заготовок характеризуется следующими техническими параметрами:

1) Производительность системы:

- такт подачи заготовок: ≤15 секунд;
- Количество подаваемых заготовок в час: ≥240 штук;

2) Вместимость приемного бункера: до 5 тонн заготовок;

3) Длина заготовок: от 3 до 6 метров;

4) Диаметр/размер поперечного сечения заготовок: от 50 до 220 мм;

5) Максимальный вес одной заготовки: 300 кг;

6) Суммарная грузоподъемность конвейеров и накопителей: 3000 кг;

7) Допустимое отклонение прямолинейности заготовок: ±20 мм;

8) Температура эксплуатации: от минус 10 до 40 °С;

9) Электропитание системы: 380 В, 50 Гц (с возможностью резервирования);

10) Управление: централизованная система на базе ПЛК Siemens серии S7-1500.

Разработанная система полностью соответствует технологическим требования современного трубопрокатного производства.

В работе на основе анализа существующих технологий подачи трубных заготовок была разработана автоматизированная система с использованием промышленных роботов-манипуляторов и ленточных конвейеров.

Предложенное решение позволяет механизировать трудоемкий процесс подачи заготовок в валки, обеспечивая высокую производительность (до 240 заготовок в час), надежность и адаптивность к размерам заготовок. Система отвечает современным требованиям промышленной автоматизации.

Внедрение разработанной системы на трубопрокатных предприятиях позволит:

- повысить объемы и качество выпуска трубной продукции;
- снизить себестоимость за счет роста производительности труда и сокращения брака;
- улучшить условия труда персонала, сократить травмоопасность;
- оптимизировать производственные и материальные потоки.

Отметим, что переход к автоматизированным системам подачи заготовок является важным направлением повышения эффективности и конкурентоспособности отечественной трубной промышленности и выходу России на мировой промышленный рынок.

Список литературы

1 Radionov, Andrey & Petukhova, Olga & Erdakov, Ivan & Karandaev, Alexander & Loginov, Boris & Khramshin, Vadim. (2022). Developing an Automated System to Control the Rolled Product Section for a Wire Rod Mill with Multi-Roll Passes. Journal of Manufacturing and Materials Processing. 6. 88. 10.3390/jmmp6040088.

2 Пляцковский О. А., Осипенко П. Е. и др. Производство горячекатанных труб на современных пилигримовых установках. — Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 1971. — С. 3.

3 Маркечко И. В., Грязнов В. В., Меркушев Е. Н. Использование трубных заготовок в различных отраслях промышленности // ОНВ. 2007. №2 (56). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-trubnyh-zagotovok-v-razlichnyh-otraslyah-promyshlennosti (дата обращения: 10.01.2024).

4 Авторское свидетельство № 725746 A1 СССР, МПК B21D 11/22, B21D 43/10. Устройство для подачи трубных заготовок к гибочному узлу : № 2499265 : заявл. 22.06.1977 : опубл. 05.04.1980 / А. М. Бабин ; заявитель СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "СКБ-МОССТРОЙ" ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ЖИЛИЩНОМУ И ГРАЖДАНСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ.

5 Jiangyun Li, Kang Wang, Yang Li, "Automatic Gauge Control in Rolling Process Based on Multiple Smith Predictor Models", Abstract and Applied Analysis, vol. 2014, Article ID 872418, 10 pages, 2014. https://doi.org/10.1155/2014/872418

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И БЕСПИЛОТНИКИ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Новиков И.А., Магдин А. Г., канд. техн. наук, доцент,
Припадчев А. Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А. А., канд. техн .наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Сельское хозяйство - это отрасль, которая уже много веков играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономического развития. Однако с развитием технологий искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), сельское хозяйство стало сталкиваться с новыми горизонтами и возможностями.

В результате аграрная отрасль становится более точной и управляемой. Это помогает улучшить производительность и эффективность сельскохозяйственного производства. Современные технологии позволяют минимизировать вредное воздействие на окружающую среду, улучшить качество продукции и оптимизировать процессы. Агротехнологии 21 века открывают новые перспективы и переопределяют стандарты ведения сельского хозяйства. На рисунке 1 показан один из способов применения БПЛА в сельском хозяйстве.

В данной статье мы рассмотрим, как искусственный интеллект и беспилотники могут изменить сельское хозяйство, повысив его эффективность и продуктивность.

Рисунок 1 – Применение БПЛА в сельском хозяйстве

В современном мире искусственный интеллект активно внедряется в различные отрасли экономики, и сельское хозяйство не является исключением. Использование интеллектуальных систем управления сельскохозяйственной техникой позволяет сельхозпроизводителям повысить точность и эффективность используемых методов.

Алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта могут помочь сельхозпроизводителям принимать более точные решения в отношении посевов, ухода за растениями и урожаями, оптимизации использования ресурсов, таких как вода, удобрения и пестициды. Беспилотные летательные аппараты, или дроны, также играют все более важную роль в сельском хозяйстве. Они могут быть использованы для мониторинга посевов, обнаружения болезней и вредителей, картографирования участков, оценки роста культур, а также для распыления урожая и обработки полей (см. рис. 2).

Беспилотники позволяют производителям получать обширную и точную информацию о состоянии полей, что помогает им принимать обоснованные решения для повышения урожайности и улучшения производственных процессов.

Рисунок 2 – Обработка полей с помощью БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с оборудованием RGB-камеры высокого разрешения на борту и программное решение "Ассистагро" от компании "Геомир" - это мощный инструмент, который обеспечивает быструю и точную оценку состояния посевов и выявление проблемных участков на полях. Пример такого БПЛА представлен на рисунке 3. Дрон в автоматическом режиме проводит полет над всем полем, создавая детальные снимки в предварительно заданных точках. После этого система с использованием искусственного интеллекта проводит анализ полученных снимков, определяет виды культурных и сорных растений и их фазы развития, а также рекомендует оптимальные методики защиты посевов.

Это позволяет сельхозпроизводителям быстро принимать информированные решения и оптимизировать уход за культурами для повышения урожайности и улучшения производственной деятельности.

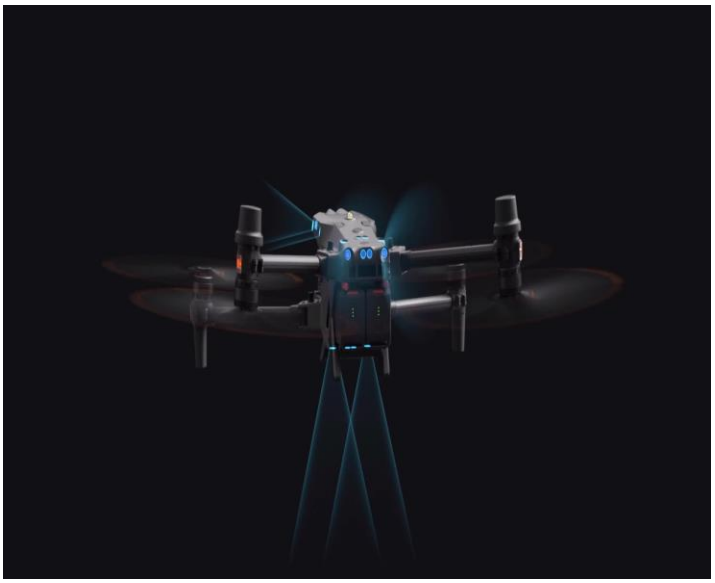


Рисунок 3 - (БПЛА) с оборудованием RGB-камеры высокого разрешения на борту

Искусственный интеллект и беспилотные летательные аппараты открывают новые перспективы для сельского хозяйства. Их интеграция в производственные процессы позволяет сельхозпроизводителям улучшить качество урожая, оптимизировать использование ресурсов и улучшить устойчивость сельскохозяйственной продукции.

Однако для полной реализации потенциала этих технологий необходимо обеспечить доступность и обучение сельхозпроизводителей к этим инновациям.

Список литературы

1 Скворцов, Е.А., Ялунина, Е.Н., Скворцова, Е.Г. Области применения систем искусственного интеллекта в Сельском хозяйстве [электронный ресурс] // Журнал "RUSSIAN JOURNAL OF MANAGEMENT" 2023 год №2. Режим доступа: https://riorpub.com/ru/nauka/article/67023/view

2 Ван, Х. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве [электронный ресурс] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – С 11. Режим доступа: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/sections/technical-advances-in-plant-science

3 Куадио, Л., Део, Р.К., Бираредди, В., Адамовски, Дж.,Ф., Муштак, С., Нгуен, В.П. Подход искусственного интеллекта к прогнозированию урожайности с использованием свойств плодородия почвы [электронный ресурс] // Компьютеры и электроника в сельском хозяйстве. – 2018. – Том: 155. – С. 324-338. Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.014

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Носанова Л.К., Магдин А. Г., канд. техн. наук,
Припадчев А. Д., д-р техн. наук, Горбунов А. А., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), примеры которых изображены на рисунке 1, играют все более важную роль в различных областях, начиная от военной сферы и заканчивая коммерческими и гражданскими приложениями.

Имитационное моделирование систем беспилотных летательных аппаратов используется по целому ряду причин, включая разработку и тестирование автопилотов, аэродинамических характеристик и систем управления. В отличие от пилотируемого моделирования, в моделировании не участвует пилот на борту обучающего устройства. Это позволяет проводить тестирование и анализ поведения БПЛА в различных условиях, что способствует улучшению их производительности, надежности и безопасности.

Важным этапом в разработке беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является создание структуры компонентов, которая обеспечит точное управление и надежную работу всего бортового оборудования. Это включает в себя имитационное моделирование системы управления для тестирования программного обеспечения (ПО) и отладки его работы. Успешное выполнение этого этапа позволит гарантировать безопасность и эффективность работы беспилотного летательного аппарата.

Рисунок 1 – Примеры БПЛА

В настоящее время ведутся работы по объединению БПЛА в организованные группы для более эффективного выполнения задач, что несёт в себе ряд серьёзных потенциальных угроз. Группа малоразмерных БПЛА с точки зрения противодействия является гораздо более сложной целью, нежели отдельные ле-

тательные аппараты. Это связано с возможностью распределения ролей в группе (разведчики, атакующие, исполнители и др.) при уничтожении отдельных членов группы, а также с активным информационным обменом между БПЛА, что ведёт к лучшей ситуационной осведомлённости группы. Вследствие хорошей осведомлённости алгоритмы поиска, оптимизации и принятия решений в системе управления группой могут находить гораздо более эффективные решения поставленной перед ней задачи. В связи с изложенным выше остро встаёт проблема эффективного противодействия малым БПЛА.

Система поражения (противодействия) БПЛА является сложной технической системой, состоящей из множества различных по составу, структуре и характеристикам подсистем, обеспечивающих обнаружение и нейтрализацию целей. Поэтому на начальных этапах проектирования такой системы может возникнуть большое количество вариантов её исполнения. Чтобы ограничить множество возможных технических решений, необходимо иметь инструмент оценки эффективности системы противодействия БПЛА.

Имитационное моделирование БПЛА, схема которого изображена на рисунке 2, включает в себя несколько ключевых аспектов, включая математическое моделирование динамики полета, моделирование систем управления, моделирование внешних воздействий и другие. Одним из основных методов является математическое моделирование динамики полета, которое позволяет описать движение БПЛА с использованием уравнений механики.

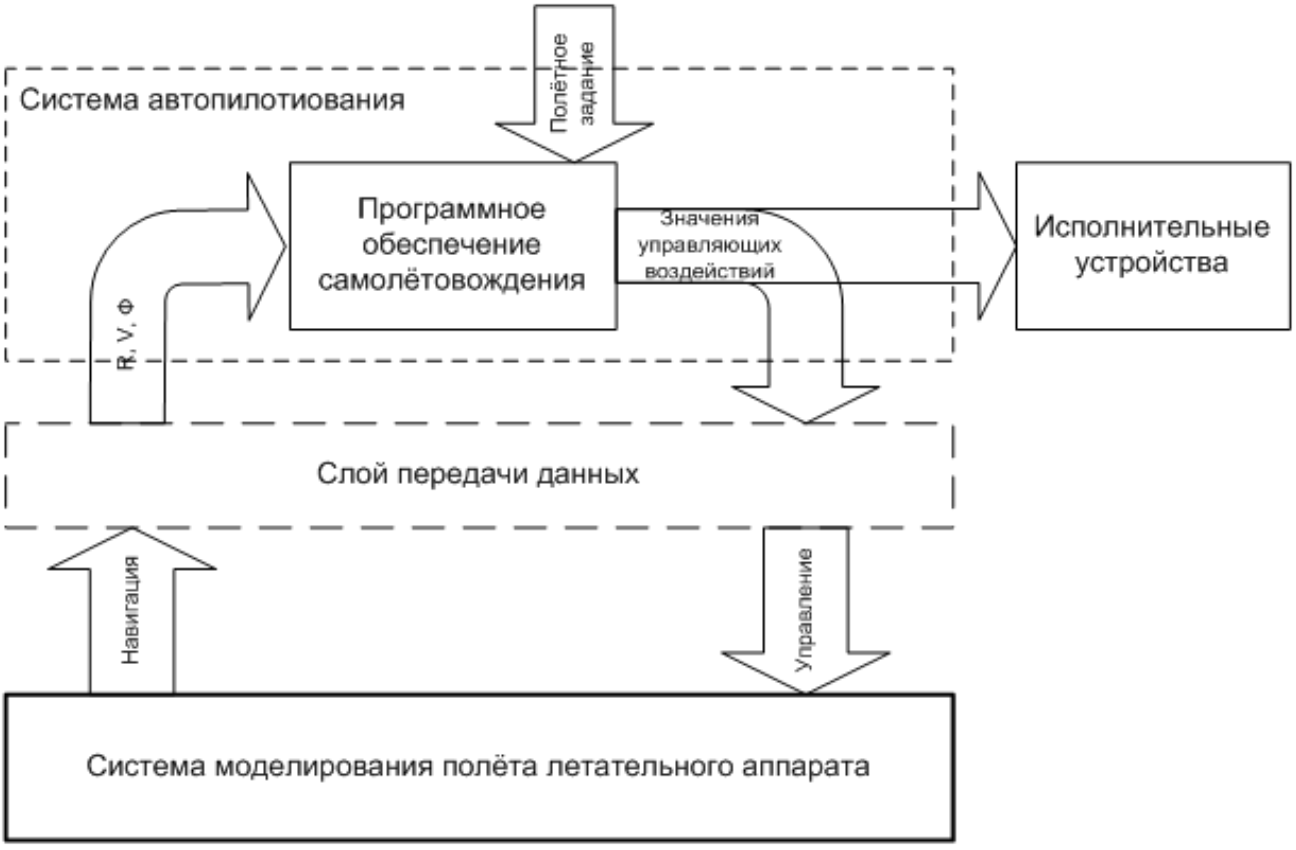


Рисунок 2 – Схема имитационного моделирования БПЛА

Уравнения динамики полета могут быть представлены в виде системы дифференциальных уравнений, описывающих изменение скорости, ускорения, угловой скорости и других параметров полета в зависимости от времени и внешних воздействий.

БПЛА обычно оснащены сложными системами автоматического управления, которые обеспечивают стабильность полета, точное следование заданному маршруту, управление высотой и скоростью. Имитационное моделирование позволяет анализировать работу этих систем, оптимизировать параметры и проверять их работоспособность в различных условиях.

Например, для моделирования движения в трех измерениях можно использовать следующие уравнения:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{m} \cdot (F_x - \frac{1}{2p} \cdot V^2 \cdot C_x \cdot A),$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{m} \cdot (F_y - \frac{1}{2p} \cdot V^2 \cdot C_y \cdot A),$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{m} \cdot (F_z - \frac{1}{2p} \cdot V^2 \cdot C_z \cdot A),$$

где x, y, z – координаты положения, t – время, m – масса БПЛА, F_x, F_y, F_z силы, действующие на БПЛА, V – скорость, ρ – плотность воздуха, A – площадь крыла, C_x, C_y, C_z – коэффициенты аэродинамического сопротивления по соответствующим осям, g – ускорение свободного падения.

Кроме того, имитационное моделирование включает в себя моделирование систем управления, которое позволяет анализировать поведение БПЛА при различных командных воздействиях. Например, для моделирования динамики системы управления можно использовать следующее уравнение:

$$J\theta = L \cdot (\delta e - \delta eeq),$$

где J – момент инерции, θ – угол атаки, L – аэродинамический момент, δe – управляющая команда, δeeq – равновесная управляющая команда.

Ключевым элементом сопровождающего моделирования в процессе летных испытаний БЛА является имитационная модель управляемого движения аппарата. Точность расчетов с ее использованием во многом определяется достоверностью модели, которая в свою очередь зависит от точности задания ис-

ходных данных для моделирования:

1. Массово-инерционных и геометрических характеристик;
2. Аэродинамических характеристик;
3. Характеристик работы силовой установки;
4. Алгоритмов управления движением БЛА (алгоритмов автопилота);
5. Начальных условий движения БЛА

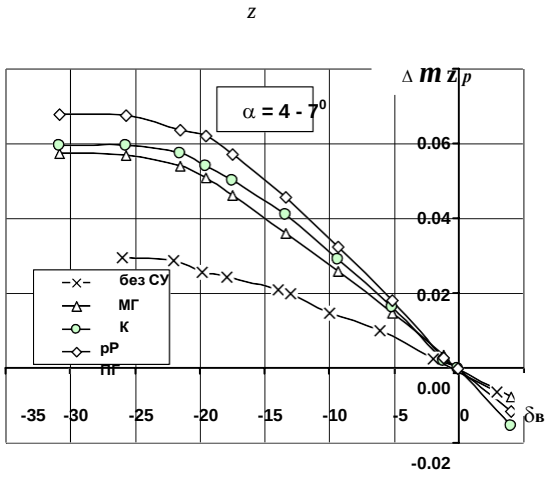


Рисунок 3 – Зависимости $\Delta m_{z\ p}(\delta_{в})$ для различных режимов работы двигателя

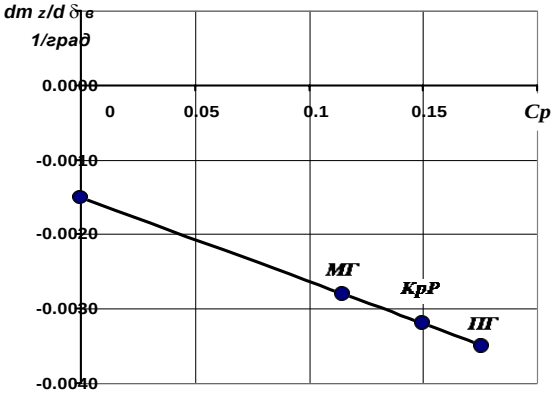


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента эффективности руля высоты от коэффициента тяги, определяемого режимом работы двигателя

Имитационное моделирование БПЛА играет ключевую роль в проектировании, тестировании и оптимизации беспилотных летательных аппаратов. Это позволяет сократить время и затраты на разработку новых моделей, улучшить характеристики существующих аппаратов и повысить безопасность полетов.

Математические модели, системы автоматического управления и аэродинамические характеристики являются основными элементами имитационного моделирования БПЛА, позволяющими проводить различные тесты и анализировать поведение аппарата в различных условиях.

В условиях ограниченного финансирования и сокращения объемов летных испытаний, имитационное моделирование становится основным инструментом для анализа различных проектных решений. В этом случае летные испытания используются для подтверждения достоверности результатов имитационного моделирования, при этом количество изменяемых параметров в процессе летных испытаний значительно сокращается.

Список литературы

1. Матвеев, А.В. Методика проектирования систем управления летательных аппаратов с использованием среды программирования MATLAB/Simulink /

А.В. Матвеев, В.Т. Бобронников // Вестник Московского авиационного института. – 2009. – Т. 16, № 4. – С. 10. – ISSN 0869-6101.

2. Лебедев, А.А. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов / А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1973. – 618 с.

3. Чаплин, А.А. Методы и средства имитационного моделирования в системах управления летательными аппаратами: Учебное пособие / А.А. Чаплин, Е.И. Мелихов. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 182 с.

4. Полтавский, А. В. Комплексная методика оценки эффективности многоцелевых КБЛА / А. В. Полтавский, С. С. Семенов, А. А. Бурба // Боеприпасы. – 2010. – № 2. – С. 34–38.

5. Полтавский, А. В. Управление безопасностью движения беспилотного ЛА / А. В. Полтавский. – М. : Датчики и системы. – 2008. – № 9. – С. 4–8.

ПРИМЕНЕНИЕ CAD-СИСТЕМ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Носков Д.А., Солдатов Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Аэрокосмическая промышленность является наиболее наукоемкой отраслью машиностроения, которая постоянно развивается. В Аэрокосмическую промышленность входят авиационная и ракетно-космическая промышленность.

На сегодняшний день одним из главных аспектов в аэрокосмическом образовании является изучение применения CAD-систем в проектировании летательных аппаратов (ЛА). Применение CAD-систем в проектировании ЛА позволяет значительно сократить сроки выпуска конструкторской и технологической документации. Не все страны выпускающие ЛА обладают полным циклом создания техники. Зачастую такой промышленностью обладают страны с высокими технологиями.

Применение CAD-систем является важным аспектом в аэрокосмическом образовании. Применение таких систем при разработке ЛА позволяют при расчетах обеспечить требуемые характеристики прочности, надежности и т.д. Большое внимание уделяется в обеспечении заданных аэродинамических характеристик летательного аппарата на заданных высотах и режимах работы двигателя. Для этого необходимо провести комплексный анализ при различных параметрах полета ЛА. Решение таких задач возможен на этапе проектирования ЛА, путем моделирования ситуация движения ЛА в обтекаемой среде. Важным аспектом является, при проведении анализа, достоверность аэродинамических значений потока.

Для выполнения задач по изучению движения ЛА в среде существуют различные программные комплексы, которые могут провести анализ аэродинамических характеристик. Следует выделить комплексы в основе расчета которых лежат уравнения производных закона Навье-стокса: KompasFlow, xFlow, SolidWorks.

На примере ускорителя зенитной управляемой ракеты (ЗУР) 5В21А рассмотрим значения аэродинамических характеристик полученными двумя способами - путем продувки уменьшенной модели в аэродинамической трубе и при помощи анализа 3Д-модели в программном обеспечении (ПО) Kompasflow.

Принцип анализа аэродинамической модели и расчета характеристик лежит в следующем:

1. В CAD-систем путем разбиения области на ячейки, формируем исследуемую область, обтекаемую набегающим потоком. Совокупность таких ячеек называют расчетной сеткой, при большом количестве таких ячеек можно получить наиболее точный результат. Основная проблема заключается в формиро-

вании размеров ячеек, в сложных моделях увеличение количества ячеек повышает затраты в техническом обеспечении и машинного времени. А так же при игнорировании более мелких ячеек расчетной сетки снижает точность результатов.

На рисунке 1 представлен пример формирования расчетной сетки в CAD-системе исследуемой поверхности.

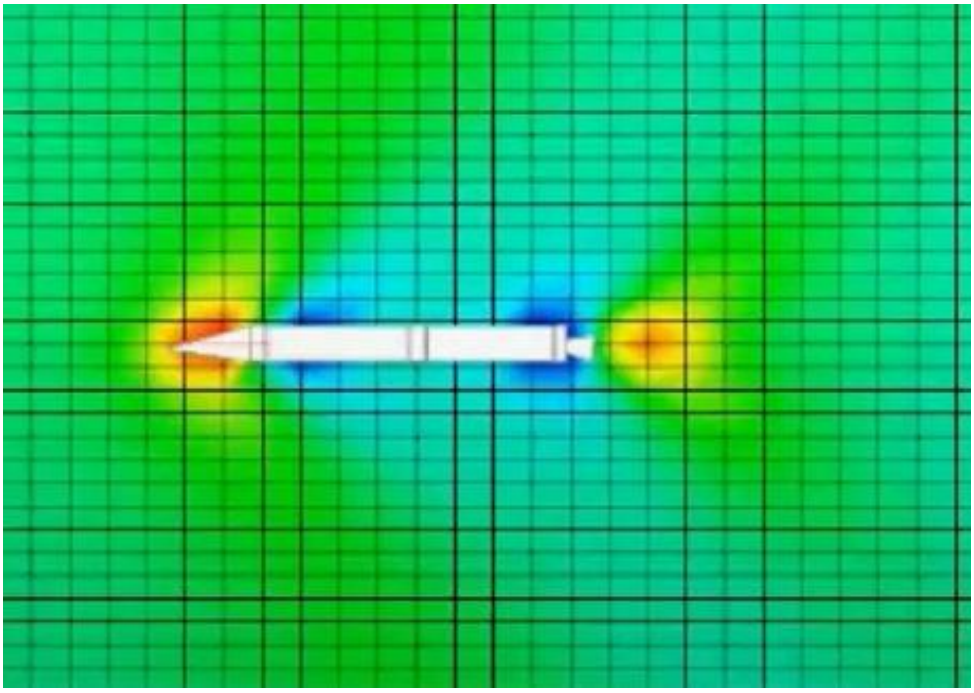


Рисунок 1 – Расчетная сетка с зонами распределения давления

2. Следующим этапом является ввод численного алгоритма исходя из условий полета летательного аппарата: характеристик обтекаемой среды, скорости, формы и объема исследуемого объекта.

3. Последний этап: является моделирование турбулентных и ламинарных, а так же получение результатов. Как правило, анализ аэродинамических характеристик при помощи информационных технологий занимает меньше времени чем получение таких же результатов при помощи продувки в аэродинамической трубе (АДТ) уменьшенной модели.

Из полученных результатов формируем график, для сравнения и подтверждения расчетов возьмем график полученный при продувке уменьшенной модели в АДТ, рисунок 2.

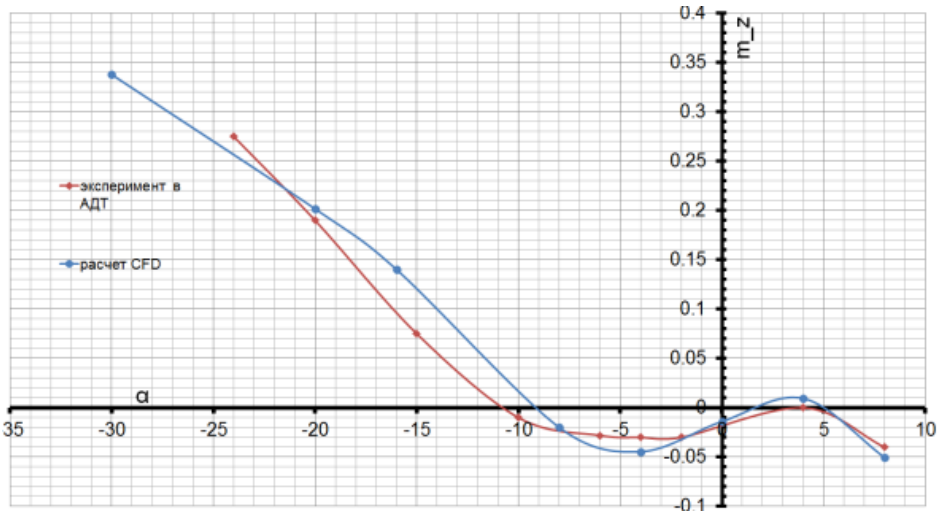


Рисунок 2 – Сравнение результатов двух методов анализа

По результатам построения двух кривых заметим их сходимость в движении с некоторой погрешностью, такую погрешность можно объяснить следующим:

- при продувке в АДТ используют уменьшенную модель (что снижает точность результатов от реальных условий);
- упрощение сетки в имитационной среде, как было сказано выше «чем больше ячеек, тем точнее результат».

В статье был рассмотрен аспект аэрокосмического образования путем применения CAD-систем при анализе аэродинамических характеристик обтекаемого тела.

Рассмотренный метод использования CAD-систем имеет свои недостатки и достоинства, но с достаточной точностью позволяет провести анализ характеристик ЛА. Достоверность результатов можно подтвердить на сравнении с экспериментальным методом с учетом погрешностей. Применение CAD-систем в проектировании летательных аппаратов на данном примере показывает перспективность такого метода в аэрокосмической промышленности.

Список литературы

1 Blazek J. Computation Fluid Dynamics: Principles and Applications. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2005. 496 p

2 Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь. – Москва: Машиностроение, 2013. – 320 с.

3 Корижин О.В., Пащенко О.Б., Филиппов М.В. Применение систем компьютерной инженерии при расчетах аэродинамических характеристик грузов, отделяемых от летательного аппарата / Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 11. С. 320–329. DOI: 10.7463/1114.0739817

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мусина Р.Р., Овечкин М.В., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Развитие современной техники требует новых конструкционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упругим и другим свойствам традиционные. [3] Многослойные композиты и изделия на их основе находят в современной промышленности широкое применение. [1] Связано это с тем, что они имеют значительные преимущества в сравнении с традиционными металлами и сплавами, обладая уникальными упругими и прочностными свойствами, а также долговечностью работы. Особенно они актуальны для авиа конструкций, так как способствуют минимизации веса, повышают удельную прочность, увеличивают ресурс и срок службы. [2, 3] К числу наиболее интересных и перспективных относятся полимерные материалы (пластики, эластомеры, волокна). История создания полимерных композиционных материалов уходит к началу развития самой цивилизации. История использования человеком композиционных материалов насчитывает много веков, а представление о композиционных материалах заимствовано человеком у природы. Даже самые первые, высушенные на солнце кирпичи и гончарные изделия, появившиеся за 5000 лет до н. э., были сложными материалами. Древние люди часто добавляли измельченные камни или материалы органического происхождения в глину, чтобы уменьшить ее усадку и растрескивание при обжиге. А регулируя пористость керамических изделий, длительное время сохраняли жидкость в них холодной вследствие испарения.

Основным классом материалов, удовлетворяющих жестким, часто противоречивым друг другу требованиям, таким как обеспечение минимальной массы конструкций, максимальной прочности, жесткости, надежности, долговечности при работе в тяжелых условиях нагружения, при высоких температурах и в агрессивных средах являются композиционные материалы. Основная задача изготовления композиционного материала – разработать новое вещество, которое сочетает в себе характеристики ее составляющих наиболее полезным способом. В композитах преобладают две составляющие: пластичная основа (связующее) и армирующие вещества (наполнители) [5]. Для производства композита необходимо наличие хотя бы одного элемента каждого вида. Современная наука о композиционных материалах обязана своему динамичному развитию в течение последних десятилетий, главным образом, применению композитов в ракетной технике и самолетостроении [3]. Виды композита представлены на рисунке 1.

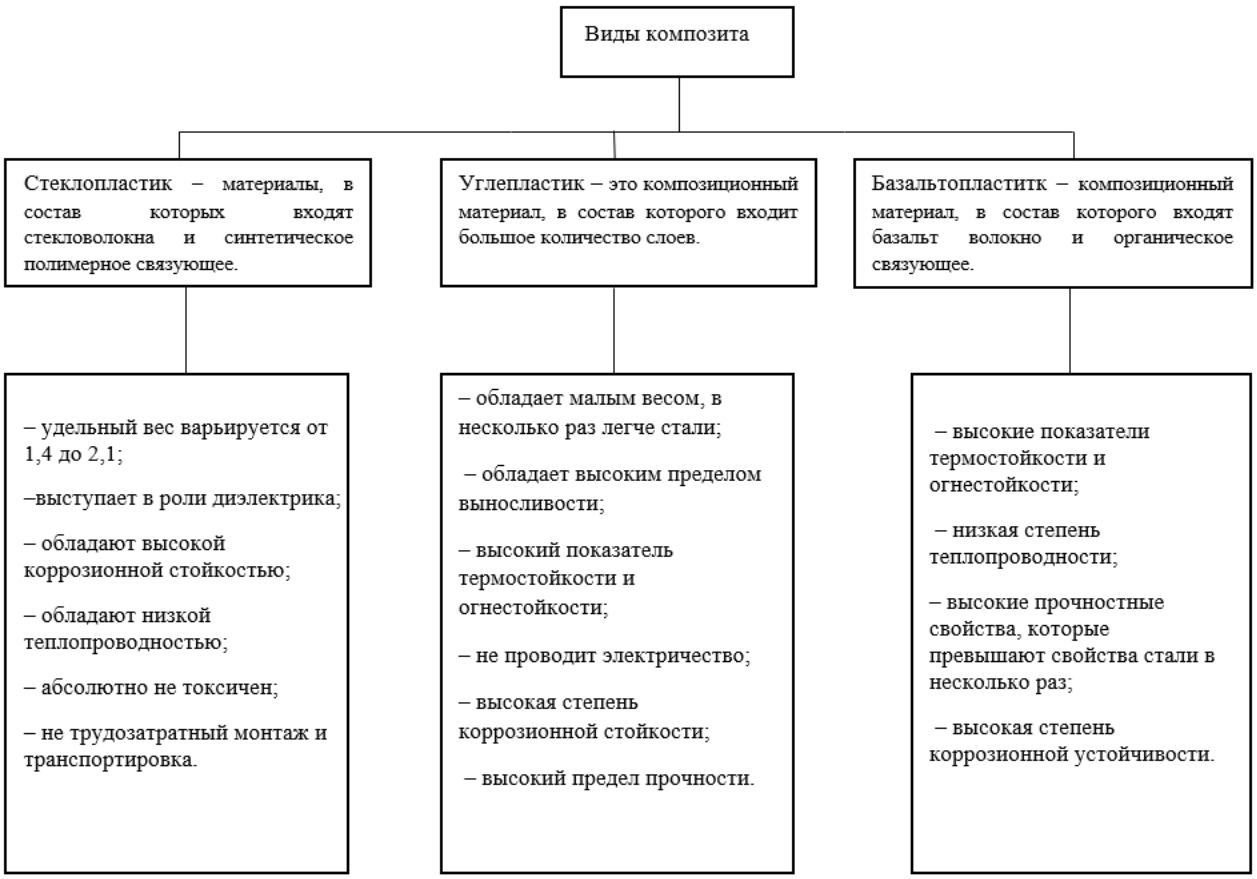


Рисунок 1 – Виды композита

Стекловолокнистые наполнители и связующие для стеклопластиков подбираются с учетом эксплуатационных условий: для стеклопластиков конструкционного назначения применяются стекловолокнистые наполнители из бесщёточного алюмоборосиликатного стекла; для материалов и изделий, работающих в условиях высоких механических нагрузок, применяют армирующие волокнистые наполнители (АВН) из высокопрочных и высокомодульных стеклонитей на основе магнезиально-алюмосиликатного стекла, имеющие прочность на 25-50%, а модуль упругости на 25-30% выше, чем обычные стеклонити; устойчивые в кислых средах стеклопластики (химическое оборудование, аккумуляторные баки) изготовляют из химостойкого боросиликатного стекла, для этой цели используют также базальтовые АВН; крупногабаритные изделия, не несущие очень высокие механические нагрузки (корпуса судов, строительные панели), изготовляют из тканей на основе дешевого щелочного алюмоборосиликатного стекла; термостойкие изделия, работающие при температуре 300 °С и выше, изготовляют из кремнеземных и кварцевых нитей; для композитов электротехнического назначения используют АВН из боросиликатного стекла, имеющие диэлектрическую проницаемость на 30-40% ниже, чем у других видов стекол.

В качестве полимерных матриц применяются преимущественно термореактивные смолы (фенольные, эпоксидные, полиамидные), а также термостойкие термопласты - ароматические полиамиды, полисульфоны, поликарбонаты. Низкоплавкие термопласты типа полиолефинов применяются относительно

редко, так как они имеют низкую адгезию к стекловолокнам и не позволяют реализовать свойства стекловолокнистых наполнителей. Однако, используется стеклонаполненный полиамид. Для стеклопластиков электрорадиотехнического назначения используются связующие с высокими диэлектрическими характеристиками: кремнийорганические, эпоксидные и др. Для удобства применения в ограниченных количествах изготовляются композиты на основе стекловолокнистых наполнителей и полимерных смол, т.е. содержащие заданное количество армирующего наполнителя и полимерной матрицы материалы, подготовленные для изготовления деталей и изделий – на основе термореактивных связующих и реже – термопластов (препреги, пресс-волокниты, премиксы). Получают стеклопластики с применением методов прессования, выкладки с последующим прессованием[6]

Весь технологический цикл по образованию полимеров многокомпонентных изделий осуществляется в специальных печах или автоклавах (рисунок 2) и заключается в нескольких этапах:

– нагревание изделия происходит однородно и обеспечивается мощной системой, позволяет избежать скачков температур в зоне работы, что хорошо сказывается на качестве выполняемого процесса;

– выдержка производится определенное технологией производства период времени, на данном этапе давление, вакуум и температурный режим остается постоянным, на данном этапе происходит полимеризация;

– охлаждение производится специально предназначенной системой, которая понимает температуру до требуемого заданного значения.

Рисунок 2 – Пример печи для полимеризации автоклавного типа

При этом, зачастую, устаревшее оборудование не имеет возможности автоматической настройки нагрева согласно заданным технологиям (нагрев-выдержка-охлаждение), а лишь позволяет «вручную» устанавливать необходи-

мую температуру. Это усложняет процесс, добавляя необходимость оператору самому следить за интервалами времени и температурными режимами.

Таким образом, применение композитов в различных областях обосновано их высокими физико-механическими свойствами по сравнению с общепринятыми материалами. Однако, актуальным является и повышение уровня автоматизации работы самого оборудования, дополнение его функциями автоматической настройки многоэтапного цикла полимеризации, согласно заданной на основе типа изделия программе.

Список литературы

1 Ahmad M.A., Mahmoud M.O., Elfiky D., Hassan G. Performance Evaluation of Selected Irradiated Space Structure Composites Manufactured by the Hand Lay-Up Method. International Review of Aerospace Engineering (IREASE). 2018. Vol. 11. No. 4. P. 155–161.

2 Bielawski R., Rządkowski W., Kowalik M.P., Kłonica M. Safety of Aircraft Structures in the Context of Composite Element Connection. International Review of Aerospace Engineering (IREASE). 2020. Vol 13. No. 5. P. 159–164.

3 Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

4 Tugov V., Akimov A. Mathematical models of thermalphysic processes in the production of multilayer composites by the polymerization method. International Review of Automatic Control (I.RE.A.CO.). 2017. Vol. 10. No. 5.

5 Barabanshchikov Y., Belyaeva S., Avdeeva A. and Perez M. Fiberglass Reinforcement for Concrete (2015) Applied Mechanchanics and Materials, Pp. 475-481

6 Левкович Е.А. Стекловолокно и стеклопластик. Сборник: Наука и молодежь. Материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Барнаул, 2023.- С. 222-225.

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Баимов А.С., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Цифровые двойники представляют собой передовую технологию, лежащую на стыке виртуального моделирования и физического мира. Они позволяют создавать точные цифровые копии различных объектов, от отдельных компонентов до целых систем, предоставляя беспрецедентные возможности для анализа, оптимизации и управления. Имитационное моделирование, в свою очередь, является ключевым элементом в разработке цифровых двойников, обеспечивая их функциональность и реалистичность.

Особенности имитационного моделирования играют решающую роль в точности и эффективности цифровых двойников. Оно позволяет не только воссоздать поведение объектов в различных условиях, но и предсказать их реакцию на изменения внешних факторов. Сложные алгоритмы и высокопроизводительные вычисления способствуют достижению максимальной точности моделей, что делает цифровые двойники незаменимыми инструментами в многих отраслях. Цифровые двойники могут быть использованы в различных отраслях, таких как автомобильная промышленность, аэрокосмическая отрасль, медицина, финансы и многое другое.

В автомобильной промышленности, например, цифровые двойники могут помочь симулировать различные сценарии вождения, предсказывать поведение автомобиля в различных условиях, а также тестировать новые функции и алгоритмы без необходимости физического прототипирования.

В аэрокосмической отрасли цифровые двойники могут помочь в моделировании и анализе поведения самолетов и космических аппаратов в различных атмосферных условиях, а также предсказывать их реакцию на изменения внешних факторов, таких как ветер, турбулентность и т.д. Это позволяет улучшить проектирование и безопасность этих технически сложных систем.

В медицине цифровые двойники могут быть использованы для симуляции различных патологических состояний, таких как сердечные заболевания или рак, и предсказывать их развитие и эффективность различных лечебных методов. Это помогает врачам принимать более информированные решения и разрабатывать индивидуальные планы лечения для пациентов.

В финансовой сфере цифровые двойники могут использоваться для моделирования и анализа рыночных трендов, прогнозирования цен на акции и другие финансовые инструменты, а также для оптимизации портфеля инвестиций и управления рисками.

Таким образом, цифровые двойники являются мощными инструментами, которые помогают в предсказании и анализе поведения объектов в различных

условиях, а также в различных отраслях. Они способствуют более эффективному и точному принятию решений, улучшению проектирования и оптимизации процессов, что делает их незаменимыми в современном мире.

Цифровые двойники, построенные на основе имитационного моделирования, оживляют физические объекты в виртуальном пространстве. Основой таких систем является трёхмерное моделирование объекта с последующей интеграцией данных о его состоянии и поведении. Принципы создания включают точное воспроизведение геометрии, физических и функциональных характеристик реального аналога. Имитационное моделирование позволяет анализировать различные сценарии работы объекта, предсказывать отказы и оптимизировать процессы. Имитационное моделирование является мощным инструментом для анализа и оптимизации различных процессов и систем. Оно позволяет создать виртуальную модель объекта или системы, которая будет вести себя так же, как и реальный аналог. Это достигается путем детальной эмуляции геометрии, физических свойств и функциональных характеристик объекта.

Имитационное моделирование позволяет анализировать различные сценарии работы объекта. Это может быть полезно при проектировании новых систем или улучшении существующих. С помощью модели можно провести эксперименты и оценить, как изменения в параметрах или внешние воздействия повлияют на работу объекта. Таким образом, можно предсказать возможные отказы и принять меры по их предотвращению.

Имитационное моделирование широко применяется в различных областях, включая производство, транспорт, логистику, финансы, медицину и многие другие. Оно позволяет предсказывать результаты и принимать обоснованные решения на основе анализа данных. Благодаря этому, имитационное моделирование является незаменимым инструментом для оптимизации процессов и улучшения работы систем и объектов.

Использование цифровых двойников в машиностроении имеет ряд преимуществ и возможностей:

1 Ускорение процессов проектирования и разработки: Цифровой двойник позволяет создать виртуальную модель изделия или системы, что позволяет проводить тестирование и оптимизацию виртуально, без необходимости создавать физический прототип. Это сокращает время и затраты на разработку, а также позволяет проводить более глубокий анализ и оптимизацию.

2 Улучшение качества продукции: Цифровой двойник позволяет проводить детальное моделирование и анализ функционирования изделия или системы, включая взаимодействие различных компонентов и подсистем. Это позволяет выявить потенциальные проблемы и дефекты еще на этапе проектирования, что позволяет улучшить качество и надежность продукции.

3 Оптимизация процессов производства: Цифровой двойник позволяет моделировать и оптимизировать процессы производства, включая расстановку оборудования, управление материалами и персоналом, оптимизацию потока материалов и т.д. Это позволяет сократить издержки, улучшить эффективность и гибкость производства.

4 Улучшение обслуживания и технической поддержки: Цифровой двойник позволяет создать модель изделия или системы, которая может использоваться для обучения и поддержки персонала, а также для диагностики и обслуживания. Это позволяет снизить время простоя оборудования, повысить эффективность обслуживания и улучшить уровень технической поддержки.

5 Инновации и развитие: Цифровой двойник позволяет проводить эксперименты и оптимизацию процессов производства в виртуальной среде, что способствует инновациям и развитию. Это позволяет предвидеть возможные проблемы и искать оптимальные решения еще до начала физического производства.

Цифровые двойники, созданные на основе имитационного моделирования, имеют свои проблемы и ограничения. Вот некоторые из них:

1 Ограниченная точность моделирования: Имитационное моделирование основано на предположениях и упрощениях, которые могут привести к неточным результатам. Модель не может воспроизвести все аспекты исходной системы с полной точностью.

2 Недостаток реалистичности: Цифровый двойник может не учитывать все сложности и взаимосвязи реальной системы. Он может не учитывать факторы, которые могут оказывать влияние на поведение системы, такие как случайные события или неожиданные воздействия.

3 Ограниченная универсальность: Цифровые двойники, созданные на основе имитационного моделирования, могут быть ограничены в своей способности моделировать различные типы систем. Некоторые системы могут быть слишком сложными или обладать уникальными свойствами, которые не могут быть адекватно учтены в имитационной модели.

4 Затратность в создании и поддержке: Создание и поддержка цифрового двойника на базе имитационного моделирования может быть затратным и трудоемким процессом. Это может включать в себя разработку и тестирование модели, а также постоянное обновление и поддержку модели по мере изменения исходной системы.

5 Ограниченная возможность предсказания: Цифровые двойники, созданные на основе имитационного моделирования, могут иметь ограниченную способность предсказывать будущее поведение системы. Имитационная модель может не учитывать все факторы, которые могут влиять на систему в будущем, и, следовательно, может давать неточные предсказания.

В целом, цифровые двойники на базе имитационного моделирования имеют свои ограничения и не могут полностью заменить реальные системы. Они должны быть использованы с осторожностью и учтены их проблемы и ограничения при принятии решений на их основе.

Список литературы

1 Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие / Д.Ю. Каталевский. – Москва: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с.

2 Grieves, M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication; A White Paper; Michael Grieves, LLC: Melbourne, FL, USA, 2014.

3 Greif T., Stein N., Flath C.M. Peeking into the void: Digital twins for construction site logistics // Computers in Industry. 2020. T. 121. C. 103264

КБ «МАШИНОСТРОЕНИЕ» ОГУ ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТА И РЕГИОНА

Поляков А.Н., д-р техн. наук, професор,
Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент,
Гончаров А.Н., канд. техн. наук, Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент,
Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Позевалкин В.В., канд. техн. наук,
Логинов В.А., Романенко К.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Осенью 2021 года решением ученого совета ОГУ было создано Конструкторское бюро «Машиностроение» (далее КБ). Базой создания КБ был: накопленный на кафедре «Технология машиностроения, металлообрабатывающие станки и комплексы» (ТММСК) опыт проектирования сложных конструкций и команда преподавателей, аспирантов, соискателей, сотрудников кафедры, владеющими, а также способными приобретать новые компетенции в области цифрового машиностроения.

Основными направлениями проектной деятельности нашего КБ являются:

- реверс инжиниринг – воссоздание конструкторской документации оригинальных изделий;
- проектирование специальной техники;
- НИОКР в области механообработки – оптимизация режимов резания при обработке металлических деталей; исследование износа и стойкости режущего инструмента; исследование жесткости несущей системы станка;
- проектирование новых машиностроительных производств, в том числе роботизированных
- компьютерное моделирование сложных физических процессов – инженерный анализ машин и механизмов;
- создание прототипов сложных конструкций с использованием аддитивных технологий;
- высокоточные измерения деталей машиностроения (максимальная погрешность менее 10 мкм);
- разработка технологических процессов механической обработки по техническому заданию предприятия.

КБ, учитывая, что проектная деятельность является основной, находит возможность заниматься образовательной деятельностью. На сегодняшний день КБ, совместно с кафедрой ТММСК реализует три программы дополнительного профессионального образования: «Программирование обработки на станках с ЧПУ»; «Программирование и эксплуатация промышленных роботов» и «Технологии реверс-инжиниринга».

Реализованные и реализуемые проекты:

- проекты мобильных станков для обработки внутренних поверхностей крупно- или негабаритных изделий;

- станок для выполнения раструба в полипропиленовых трубах;

- виброгалтовочный станок для суперфиниширования;

- реверс-инжиниринг мобильной буровой установки большой мощности и большого крутящего момента;

- реверс инжиниринг трехфазного электродвигателя несущего винта БПЛА (совместно с КБ «Электропривод»)

- реверс-инжиниринг сервопривода механизации БПЛА (совместно с КБ «Электропривод»)

- реверс инжиниринг конструкций элементов насосно-компрессорного оборудования;

- реверс-инжиниринг доильного аппарата;

- аван-проект строительного 3D принтера кранового типа;

- аван-проект стенда нагрузочного для буровой установки большой мощности;

- аван-проект установки для напыления шаровых пробок УНШП1500;

- аван-проекты стационарных притирочных станков для обработки шаровых пробок и седел двух типоразмеров СПСШП640 и СПСШП150;

- проект роботизированного производства изделия тела вращения.

При реализации всех проектов используются оборудование кафедры ТММСК: станки с ЧПУ (Россия, США), координатно-измерительная машина Wenzel XOrbit 55 (Германия); пьезоэлектрический многокомпонентный динамометрический комплекс KISTLER в составе: 8-канального усилителя LabAmp Type 5167A, динамометра 9257B; робот Fanuc M-10iD/12; автоматизированная система измерения на станке с ЧПУ на базе ИПК датчика Blum TC50 (Германия); автоматизированная система настройки инструмента фирмы Renishaw; режущий инструмент фирм Sandvik Coromant и Dormer Pramet; вспомогательный инструмент фирмы AdvaCut, 3D-принтер Dimension Elite (США), 3D-принтер Formlabs Form 3L, 3D-сканер Artec3D Leo, 3D-сканер Shining FreeScan UE11. При разработке конструкторской и технологической документации, а также при выполнении инженерных расчетов и компьютерного моделирования сотрудники КБ используют следующее специальное лицензионное программное обеспечение: «КОМПАС-3D», Autodesk Inventor, ANSYS Academic Research Mechanical, ANSYS Twin Builder Enterprise, Siemens PLM Software NX, SprutCAM, 3D Deform +Machining 3D, Matlab, Metrosoft QUARTIS R6.

При реализации проектов НИОКР КБ «Машиностроение» взаимодействует со специалистами профильных технических подразделений ОГУ, осуществляет активное межкафедральное взаимодействие и сотрудничество с другими научно-образовательными подразделениями вуза. Привлечение сотрудников других подразделений обеспечивает решение сложных и масштабных задач, требующих компетенций или не свойственных инженерам-механикам, или более глубокого уровня владения. Это освобождает от излишнего расширения

штатной структуры КБ при сохранении способности решать масштабные задачи современного производства.

При выполнении проектов по заданиям предприятий можно выделить следующие используемые научные направления, реализуемые в КБ «Машиностроение»:

- реверс-инжиниринг с использованием 3D сканеров и координатно-измерительной машины;
- инженерный анализ несущих систем металлообрабатывающих и специальных станков;
- компьютерное моделирование мультифизических процессов в сложных конструкциях;
- аддитивные технологии в быстром прототипировании конструкций;
- системы автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства.

Перспективы развития КБ и новые компетенции.

Первоочередная задача, стоящая перед КБ, - это привлечение новых кадров из числа молодых преподавателей, обладающих хотя бы средним уровнем владения проектных компетенций.

Вторая важнейшая задача – получение новых компетенций сотрудниками КБ. Среди перспективных направлений - имитационное моделирование технологических процессов и производств, включая роботизированные производства; развитие технологий цифровых двойников и искусственного интеллекта при создании новых машин и новых производств.

Имитационное моделирование технологических процессов для машиностроительных предприятий приобретает особую значимость для массового типа производства. Это объясняется актуальностью обеспечения ритмичности производства. Идеал массового производства – это завод-автомат, работающий по закону автоматической линии. Однако, в том случае, когда нет возможности создать завод-автомат создаются производства, состоящие из нескольких автоматизированных линий. Для каждой автоматизированной линии должны быть созданы производственные заделы, обеспечивающие возможность согласования работы различных автоматизированных линий, и, в тоже время, обеспечивающую ритмичность работы всего производства в целом. Имитационное моделирование позволяет решать следующие задачи: оптимизация работы отдельных автоматизированных линий за счет оптимизации их отдельных составляющих; согласование алгоритмов работы различных автоматизированных линий производства одного изделия; подбор необходимого количества специальных тар, используемых на каждой автоматизированной линии с учетом их логистики; определение оптимального числа транспортных средств, используемых для перемещения полуфабрикатов между автоматизированными линиями.

Цифровые двойники отдельных машин и целых производственных систем – это методически разные технологии. Цифровой двойник для конкретной машины основан на создании цифрового клона или копии физического процесса, протекающего в данной машине. Цифровой двойник производственной си-

стемы основан на системе цифровых копий отдельных производственных процессов: механической обработки, покраски, контроля-измерений, сборочного, складирования, загрузки/разгрузки, логистического и др.

Существующее программное обеспечение [1]: APriori, Unreal Engine, Digital Clone for Engineering, Siemens NX, Ansys Twin Builder, CML-Bench , One Total Twin (компания Altair), - позволяет решать задачи создания цифровых двойников как отдельных машин, так и производственных систем. Однако, методического обеспечения и методологического обоснования, позволяющего быстро и эффективно создавать цифровые двойники для любых объектов и процессов нет в открытом доступе. Сегодня коммерческая ценность цифровых двойников, даже для небольших предприятий, выпускающих серийную высокотехнологичную продукцию, постоянно растет. Это объясняется тем, что затраты на реализацию цифровых двойников несопоставимы с затратами на доработку изделий и брак. Получение компетенций в области цифрового клонирования систем и объектов позволит КБ создать новое направление проектной деятельности.

Объединение технологий цифровых двойников с технологиями искусственного интеллекта позволит создавать перспективные образцы техники, оснащенные инструментом интеллектуального прогнозирования и управления.

Таким образом, решение обозначенных задач перед КБ позволит решать важнейшие задачи вузовского уровня – кадровое омоложение профессорско-преподавательского состава, получение новых востребованных на производстве профессиональных компетенций и рост объема привлеченных средств от научной деятельности.

Список литературы

1. Миронов Д.А., Ламм А.К., Расулов Р.К. Обзор программных продуктов разработки цифровых двойников // Вестник НИБ. 2022. №48. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnyh-produktov-razrabotki-tsifrovyh-dvoynikov.

СУЩНОСТЬ АРГОННОДУГОВОЙ СВАРКИ

Приймак Т.В., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Аргоннодуговая сварка – это процесс соединения металлических деталей путем использования аргонной дуги. Этот метод сварки широко используется в промышленности, благодаря своей эффективности и высокому качеству соединений.

Суть аргоннодуговой сварки заключается в создании электрической дуги между электродом, состоящим из тугоплавкого вещества, и свариваемыми металлическими деталями. При этом в качестве защитного газа используется аргон. Он оберегает сварочную ванну от окисления и благодаря своей бесцветности и беззапаховости не влияет на качество свариваемых соединений.

Одним из главных преимуществ аргоннодуговой сварки является возможность сваривать различные типы металлов, включая цветные металлы, такие как алюминий и титан. Также этот метод сварки позволяет достичь высокой прочности и герметичности соединений, что особенно важно при работе с деталями, подверженными высоким нагрузкам или обрабатываемым в условиях высокого давления.

Важной частью процесса аргоннодуговой сварки является подготовка свариваемых поверхностей. Прежде чем соединять металлические детали, необходимо удалить жир, масло, покрытия и другие загрязнения с помощью химических средств или механической обработки. Это позволяет добиться максимального сцепления между деталями и повышает качество соединений.

В процессе дуговой сварки, источник питания и сварочная дуга существуют как единая энергетическая система, где каждый из них выполняет свою специализированную функцию, и их характеристики гармонично сочетаются. Здесь приведена общая схема данной системы на рисунке 1.

Аргонодуговая сварка является одним из наиболее распространенных и важных методов сварки, применяемых в различных отраслях промышленности. Она отличается своей высокой степенью надежности, качеством получаемых соединений и возможностью сваривать самые разнообразные металлические материалы. Однако, чтобы достичь оптимальных результатов, требуется учитывать ряд особенностей аргонодуговой сварки.

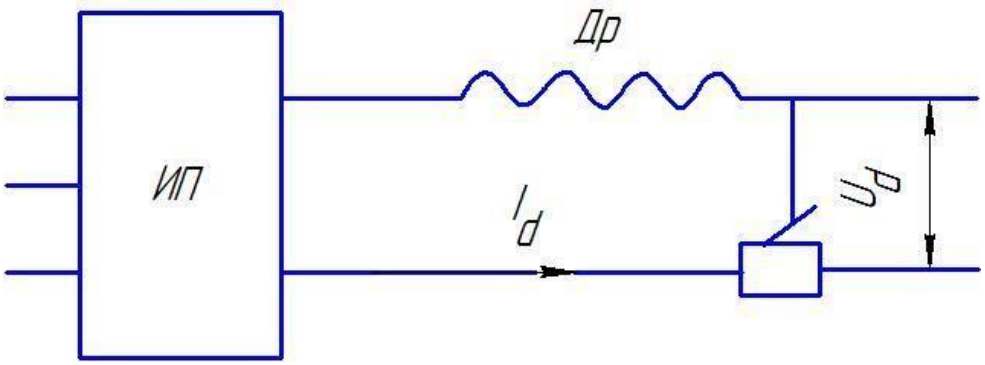
Первой и наиболее важной особенностью является использование инертного газа. В случае аргонодуговой сварки, аргон является предпочтительным газом, так как он не взаимодействует с металлом, образуя защитную атмосферу вокруг сварочной дуги. Это позволяет избежать окисления металла и обеспечить высокое качество сваренного соединения.

Второй важной особенностью является использование постоянного или переменного тока. Выбор оптимального типа тока зависит от проводимого сва-

рочного процесса и характеристик свариваемых материалов. Например, постоянный ток позволяет достичь более глубокого проникновения дуги, что важно при сварке тяжелых и толстостенных конструкций. В свою очередь, переменный ток обеспечивает возможность контролировать тепловые характеристики сварки, особенно при работе с тонкими листовыми материалами.

Третьей особенностью аргонодуговой сварки является использование электрода из плавящегося материала. Электрод может быть выполнен из тория, церия, лантана или их сплавов. Выбор материала электрода также зависит от типа свариваемого металла и требований к сваренному соединению. Плавящийся электрод покрывается специальным составом для улучшения качества сварки, а также для предотвращения загрязнения металла.

Четвертой и последней особенностью следует упомянуть необходимость использования специального оборудования для проведения аргонодуговой сварки. Это включает в себя сварочные аппараты, газовые баллоны и расходные материалы. Кроме того, для достижения высокого качества сварки требуется соблюдение определенных технических условий, таких как регулировка силы тока, скорости подачи газа и выбор оптимального режима сварки.



U_d − напряжение дуги; I_d − ток дуги; Др – дроссель; ИП − сварочный источник питания.

Рисунок 1 – Система источник питания − сварочная дуга

Основной задачей источника питания сварочной дуги является преобразование параметров электрической сети в параметры, необходимые для обеспечения энергией сварочных работ. Основным потребителем этой энергии является сварочная дуга, где электрическая энергия превращается в тепловую энергию. Кроме того, важно учитывать процессы теплопередачи и металлопереноса через межэлектродный промежуток [1].

Сварочная дуга является неотъемлемой частью электрической цепи, представляя собой проводник. Ее вольтамперная статическая характеристика имеет форму буквы "V" и отражает зависимость напряжения и тока сварочной дуги, как показано на рисунке 2.

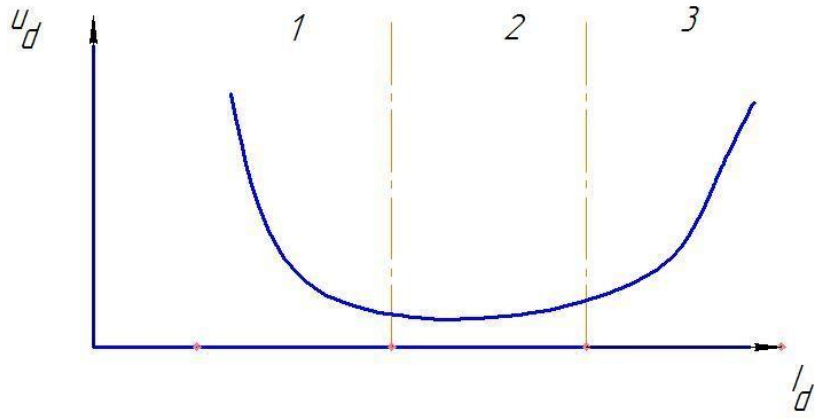


Рисунок 2 – Внешний вид вольтамперной характеристики

Схема аргонодуговой сварки неплавящимся электродом показана на рисунке 3. Через сопло подается защитный газ, который защищает зону сварки от контакта с окружающей средой.

Процесс аргоннодуговой сварки выполняется с использованием специального сварочного оборудования, включающего источник питания, сварочный аппарат и необходимые электроды. Контроль тока и напряжения позволяет создать стабильную дугу и добиться оптимальной качества сварного соединения.

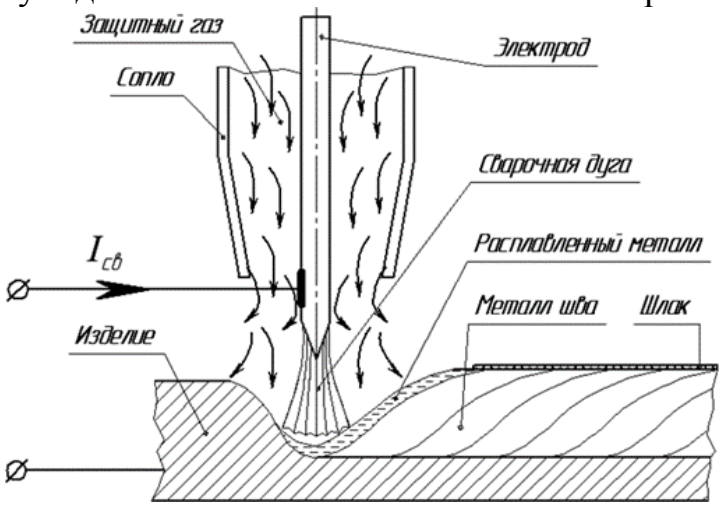


Рисунок 3 – Схема сварки неплавящимся электродом

Края свариваемого изделия обжигаются дуговым теплом до состояния плавления. Расплавленный металл затвердевает и постепенно услаживается, образуя прочный сварной шов. Заполненные металлом электроды создаются из различных материалов, таких как графит, вольфрам, медь, а также медь с вкраплением тугоплавкого вещества - вольфрама, циркония или гафния. При использовании вольфрамового электрода в качестве защитного газа применяется аргон, гелий или их смесь. Для сварки меди медным электродом или медным электродом с добавкой гафния (циркония) возможно использование азота. Для

экономного использования дорогостоящих инертных газов (Argon, Helium) при сварке сталей применяется комбинированная защита.

При выполнении сварки неплавящимся электродом есть возможность использовать присадочный материал или обходиться без него. В случае отсутствия присадки обычно выполняют корневую сварку в зависимости от толщины заготовки. При больших толщинах и для обеспечения полного проплавления производят разделку кромок.

Главным достоинством применения аргона является получение высококачественных сварных соединений с ровным швом и высокой стабильностью дуги при любой полярности тока. При сравнении с гелием и другими инертными газами, использование аргона значительно экономически выгоднее.

Ручная сварка (GTAW) имеет ряд существенных недостатков: требуется привлечение опытных специалистов с опытом работы не менее пяти лет, а также большое количество таких специалистов необходимо для выполнения большого объема сварочных работ в ограниченные сроки. Требуемый уровень качества сварных соединений не достигается, что приводит к дефектности соединений на уровне 15…45 % при первичной проверке, что требует ремонта и дополнительных трудозатрат [2].

При формировании неповрежденных стыков труб на поверхности нагрева возникает основная трудность, связанная с изменяющимся пространственным расположением сварочной ванны от нижнего к верхнему положению. В процессе сварки на сварочную ванну воздействуют разнонаправленные и изменяющиеся по величине силы, в зависимости от положения сварочной головки. Критерием качества формирования сварного шва служат форма и размер расплавленного металла с обратной стороны шва. Указанная проблема зависит от такой концепции, как критическая масса сварочной ванны.

Критическая масса сварочной ванны – это значение массы, которое, если не превышено, позволяет контролировать расплавленный металл и предотвращает протекание сварочной ванны на электрод или непредвиденное отвисание. В противном случае возникают высокие напряжения, прожиг основного металла и разрыв дуги. Критическая масса зависит от пространственного расположения головки и толщины металла.

В заключение, аргоннодуговая сварка – это надежный и эффективный способ соединения металлических деталей, особенно тех, которые подвержены высоким нагрузкам или работе в агрессивных условиях. Ее преимущества включают возможность сваривания различных типов металлов и достижения высокой прочности соединений. Этот метод находит широкое применение в различных отраслях промышленности и является неотъемлемой частью многих процессов производства и ремонта.

Список литературы

1. Васильева, В.И. Введение в основы сварки / В.И. Васильева, Д.П. Ильященко, Н.В. Павлова. – 2010. –338 с.

2. Махлин, Н.М., Одно- и многопостовые системы автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомной электростанции // Автоматическая сварка. Н.М. Махлин, А.Е. Коротынский, В.А. Богдановский. – 2011. – №11. 34 – 43 с.

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Припадчева Д.А., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Проектирование и конструирование самолетов, вертолетов и других летательных аппаратов (ЛА) является сложным творческим процессом [1, 2].

В основе этого процесса лежит использование широкого круга научных и технических дисциплин для создания рационального проекта. При проектировании и конструировании ЛА используются аэродинамика, гидравлика, металловедение, сопротивление материалов, методы расчета на прочность и устойчивость, термодинамика и весь комплекс технологических дисциплин.

Рациональность проекта определяется относительным уровнем государственной эффективностью проектируемых ЛА, рассматриваемых в первую очередь как транспортные средства, часто специального назначения.

Государственная эффективность $Э$ в этом случае определяется как отношение объема общественно-полезной работы W ЛА, выполняемой им за весь период эксплуатации, ко всем видам расходов, произведенным специально для его создания (образца), серийного производства и эксплуатации S, в итоге государственную эффективность $Э$, р., вычисляют по формуле [4]

$$Э = W/S. \quad (1)$$

Общественно-полезная работа для транспортных средств определяется как общий объем перевозок, выполняемых в данном случае каким-либа ЛА за весь период его эксплуатации, исчесляемую в тонно-километрах. Следовательно, имеется возможность рассчитать общественно-полезную работу перевозок как производительность ЛА за всю его жизнь W, т · км, вычисляют по формуле

$$W = V_p \cdot G_к \cdot R, \quad (2)$$

где V_p – рейсовая скорость ЛА (средняя для всех линий, на которых он эксплуатируется), км/ч;

$G_к$ – коммерческий вес (общественно-полезный) нагрузки, т;

R – технический ресурс (общий налет в часах от начала эксплуатации до момента списания).

Сумму расходов государства S, р., составляют:

а) расходы на создание опытного образца, его испытание и доводку, отнесенные к числу выпущенно серийно машин, S_0;

б) средние расходы на производство серийной машины, $S_п$;

в) средние расходы на эксплуатацию одной машины, $S_э$.

Средние расходы $S_э$ состоят из двух основных частей:

а) расходы на поддержание ЛА в летном состоянии, куда входят расходы $S_{эт}$ на текущий осмотр, профилактический ремонт и регулировку, периодиче-

ский и капитальный ремонт;

б) всех прочих расходов $S_{эп}$.

Рассмотрим в дальнейшем только часть расходов $S_{эт}$, которые условно будем подразделять на $S_э$, как первую часть расходов $S_{эт}$.

Таким образом, сумму расходов государства S, р., вычисляют по формуле

$$S = S_0 + S_п + S_э. \quad (3)$$

Государственную эффективность ЛА $Э$, р., вычисляют по формуле

$$Э = \frac{W}{S} = \frac{V_p \cdot G_к \cdot R}{S_0 + S_п + S_э}. \quad (4)$$

Рациональным будет тот проект, который удовлетворяя решению ЛА специальных задач, будет обладать наибольшей государственной эффективностью.

Рациональное решение задач проектирования ЛА может быть получено только за счет правильного комплексного использования (в большинстве случаев на компромисной основе) всех привлекаемых к проектированию научных и технических дисциплин и реалистической оценки возможностей государства в предоставлении в заданные сроки необходимых материальных, трудовых и технических ресурсов [3].

При рассмотрении параметров, определяющих государственную эффективность ЛА, в соответствии с выражением (4), видно, что каждый из них зависит от решения целого комплекса задач. Так, например, рейсовая скорость V_p определяется в основном крейсерской скоростью, взлетно-посадочными характеристиками, характеристиками набора высоты и снижения, и хотя она рассчитывается главным образом на основании аэродинамических методов проектирования, однако базируется и на ряде других параметров, например: весе конструкции, характеристиках силовой установки, технологических возможностях создания нужных аэродинамических форм с требуемой точностью, средств механизации крыла и т.д.

Вес коммерческой нагрузки $G_к$ при заданном взлетном весе зависит как от веса топлива, так и от веса конструкции, который, в свою очередь, зависит от применяемых материалов, уровня точности и детализации расчетов на прочность, технологических возможностей производства, качества компоновки и силовой схемы конструкции и ряда других факторов.

Такой параметр, как технический (общий) ресурс ЛА R, в свою очередь, зависит от прочности, выбора материалов, технологии изготовления деталей и качества их конструкции.

Составляющие расходы, входящие в знаменатель выражения эффективности (4), также комплексно зависят от ряда причин. Так, например, расходы на создание опытного образца, его испытание и доводку существенно зависят от уровня технического прогресса, создаваемого новой машиной (чем больше рост характеристик создаваемой машины, тем больше стоимость ее создания), от количества серийно изготовленных машин.

Так, например, при проектировании воздушного судна (ВС) на скорость от 2,5 до 2,7 М стоимость его опытного образца может быть на порядок больше,

чем ВС, проектируемого на скорость от 2,0 до 2,3 М.

От уровня технологии как опытного, так и серийного производства также существенно зависят расходы S и $S_п$ на создание опытного образца и производство серийного экземпляра машины. Очень сильно влияют на расходы эксплуатации $S_э$ межремонтный ресурс и надежность конструкции, уровень технологии ремонта и обслуживания и т.д.

Приведенные примеры отдельных состовляющих эффективности отнюдь не являются исчерпывающими и преследуют одну задачу – показать зависимость всех состовляющих от технологии. Эта зависимость определяется возможностью при помощи технологических процессов осуществить конструкцию с наивысшей эффективностью как по линии повышения производительности машины W, так и по линии сокращения расходов S.

Если проектируемую машину можно выполнить существующими серийно освоенными технологическими процессами из широко освоенных серийно материалов, то влияние технологии на эффективность будет тем больше, чем выше будет технологичность конструкции машины относительно серийных технологических процессов ее производства и чем производительнее и дешевле будут эти технологические процессы для заданной программы производства. В этом случае основное влияние технологии снижается на сокращение расходов $S_п$.

Однако, существенного изменения эффективности возможно достигнуть, только создавая новые конструкции, использующие новые технологические возможности (технологические процессы, оборудование, оснастка) и новые материалы, резко увеличивающие производительность W новых машин, даже если это сопровождается увеличением в известных пределах расходов.

Непрерывное совершенствование авиационных конструкций привело к такому положению, что с каждым новым ЛА разрабатываются и внедряются новые технологические процессы и материалы, без которых невозможно создание новых элементов конструкции этих ЛА. Таким образом, обычно в каждом ЛА какая-то часть его конструкции базируется на использовании ранее освоенных в серии технологических процессов и материалов (технологическая преемственность), а какая-то часть базируется на новых технологических процессах и материалах, ранее не освоенных в серии.

Список литературы

1 Авиация: энциклопедия / гл. ред. Г.П. Свищев. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – 736 с.: ил.

2 Егер, С.М. Основы автоматизированного проектирования самолетов: учеб. пособие для студентов авиационных специальностей вузов. / С.М. Егер, Н.К. Лисейцев, О.С. Самойлович. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.

3 Припадчев, А.Д. Концепция стратегии развития автоматизированных методов планирования парка воздушных судов конкурентоспособного предприятия [Электронный ресурс]: монография / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ОГУ. - 2015.

- ISBN 978-5-7410-1476-9. - 153 с.

4 Технико-экономические характеристики летательных аппаратов [Электронный ресурс]: монография / Е. В. Осипов [и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ОГУ. - 2020. - 125 с. ISBN 978-5-7410-2495-9

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Гусаков А.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На сегодняшний момент автоматизированное регулирование является существенным фактором в области транспортировки и подачи тепловой энергии. Для этого необходимо проводить обследование и анализ проблемных участков в тепловых сетях. Также разрабатываются специальные программы, которые обеспечивают стабильную работу автоматики на автоматизированных узлах. С использованием новейших технологий обслуживание узлов учета тепловой энергии становится гораздо более простым, поскольку не требуется ручного регулирования со стороны человека. Это позволяет автоматизированной системе регулирования тепловой энергии выполнять все функции без участия человека или обслуживающей организации [1].

Автоматизация системы теплоснабжения промышленного предприятия является важным и актуальным вопросом, который имеет большое значение для эффективной работы предприятия и экономии ресурсов. Данная тема имеет большую актуальность, ведь она способствует повышению эффективности работы системы теплоснабжения, помогает снизить затраты, а также обеспечить более комфортные условия работы на предприятии.

Теплоснабжение играет ключевую роль в функционировании многих промышленных предприятий, так как оно обеспечивает необходимую температуру для работы оборудования, процессов производства и работы людей в помещениях. Однако, чаще всего используются традиционные методы управления системой теплоснабжения, а именно ручное регулирование и контроль, эти методы могут быть неэффективными и неэкономичными для предприятия.

Автоматизация системы теплоснабжения позволяет улучшить эффективность ее работы, снизить расходы на энергию и повысить надежность и безопасность. Она основана на использовании современных технических средств автоматизации, таких как датчики, регуляторы и системы управления, которые контролируют и оптимизируют работу системы.

Один из аспектов автоматизации системы теплоснабжения – это контроль и регулирование температуры. С помощью автоматизированной системы управления можно достичь точного поддержания необходимой температуры и избежать перегрева или недостатка тепла.

Еще одним важным фактором автоматизации является оптимизация работы системы. Автоматизированная система управления может анализировать данные о теплопотреблении и ресурсах, выбирать оптимальные настройки и режимы работы для экономии энергии. Некоторые системы также могут предлагать рекомендации по улучшению эффективности и экономии.

Автоматизация также способствует улучшению безопасности работы системы теплоснабжения. Автоматический контроль и мониторинг позволяют

выявлять проблемы и аварийные ситуации в режиме реального времени, а также предупреждать операторов о возможных проблемах. Это может быть особенно важно в случае обнаружения утечек или перегрева.

Таким образом, можно реализовать следующие функции:

- регулирование температуры теплоносителя подающего трубопровода с учетом температуры наружного воздуха;
- регулирование температуры теплоносителя обратного трубопровода с учетом - температуры теплоносителя в подающем трубопроводе;
- сокращение или ограничение подачи теплоносителя в зависимости от режима эксплуатации предприятия;
- поддержание теплового режима горячего водоснабжения;
- защита от замораживания системы отопления;
- прогрев помещений непосредственно перед началом рабочего дня;
- учет и регулирование тепловой энергии и теплоносителя [1].

Автоматизация системы теплоснабжения позволяет контролировать температуру теплоносителя в зависимости от погодных условий, а именно от температуры наружного воздуха, также можно учитывать влажность, рабочие часы, расписание выходных и праздников, если говорить о помещении, то температуру в нем можно регулировать в зависимости от температуры внутреннего воздуха, количество рабочих мест, влажность в помещении и тому подобное.

Также автоматизация даёт такой ряд преимуществ, как:

а) контроль расхода ресурсов. Для крупных предприятий важно поддерживать микроклимат и именного контроль расхода ресурсов дает возможность финансовой экономии;

б) система теплоснабжения быстро приспосабливается к изменению внешних условий. А именно автоматика отслеживает наружные показатели и следит за температурой внутри здания;

в) есть возможность регулировать температурный режим для каждого помещения по отдельности, ведь требования к микроклимату в офисе, в цеху и серверной совершенно разные и этот подход не только позволит сэкономить ресурсы, но и обеспечит оптимальные условия и продлит срок службы оборудования и товара;

В состав системы автоматизированного регулирования теплоснабжения входят несколько модулей, каждый из которых отвечает за определенную функцию.

- Основной управляющий контроллер – это главный компонент контроллера является микропроцессором, который может быть запрограммирован. Другими словами, можно ввести определенные данные, по которым будет работать система. Например, температура может меняться в зависимости от времени суток: в конце рабочего дня приборы будут работать на минимальной мощности, а перед началом нового дня они будут работать на максимальной мощности, чтобы прогреть помещения до прихода новой смены.
- Термические датчики – регистрируют как температуру теплоносителя системы, так и окружающей среды, после чего отправляют соответствующие команды контроллеру.

- Панель ручного управления - в данном месте находятся основные кнопки и переключатели, которые позволяют ручное управление САРТ. Человеческое вмешательство необходимо для проведения тестовых запусков, подключения новых модулей и модернизации системы.

Температурные регуляторы – эти устройства являются компонентами, которые определяют текущую производительность САРТ. Регуляторы могут быть как механическими, так и электронными, но их основная задача состоит в корректировке диаметра труб согласно текущим внешним условиям и потребностям. Изменение пропускной способности труб позволяет увеличить или уменьшить объемы теплоносителя, поступающего к радиаторам, и, следовательно, увеличить или снизить температуру.

Насосное оборудование – в системе с автоматикой САРТ обеспечивается циркуляция теплоносителя при помощи насосов, которые создают необходимое давление для поддержания определенной скорости потока воды.

Датчики влажности – они применяются для управления системами вентиляции, кондиционирования и мониторинга параметров воздуха в помещениях и воздуховодах.

На рисунке 1 представлен состав системы автоматизированного регулирования теплоснабжения.

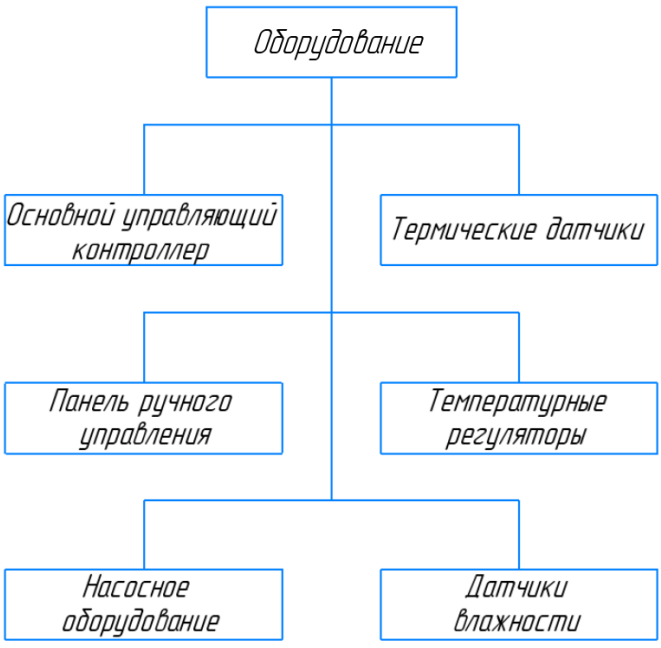


Рисунок 1 – Состав системы автоматизированного регулирования теплоснабжения

Таким образом, автоматизация системы теплоснабжения промышленного предприятия является важным фактором для повышения эффективности производства, экономии энергоресурсов и обеспечения безопасности работы системы. Использование современных технологий и систем управления позволяет оптимизировать работу системы, обеспечивать необходимую температуру и предупреждать о возможных проблемах. В результате,

автоматизация может привести к снижению расходов и повышению конкурентоспособности предприятия.

Список литературы

1 Новиков В.С. Автоматизация систем отопления // ОмГТУ. 2014. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-sistem-otopleniya (дата обращения: 19.12.2023).

2 Домрачев, М. В. Автоматизация систем теплоснабжения / М. В. Домрачев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА : [Электронное издание] / отв. за выпуск Н. М. Итешина.. Том 1 (10). – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 1535-1541.

3 Бурцев, А. П. К вопросу об использовании современных методов автоматизации систем теплоснабжения зданий и сооружений / А. П. Бурцев, А. П. Бурцев // Школа молодых новаторов : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 13 июня 2023 года / Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 371-375.

4 Стуков, А. С. Достоинства и недостатки автоматизации систем теплоснабжения / А. С. Стуков // Школа молодых новаторов : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 13 июня 2023 года / Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 379-381.

СОСТАВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Мельниченко М.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация системы контроля и учета электроэнергии, или АСКУЭ основывается на принципах построения измерительных систем, обеспечивающих автоматический коммерческий учет количества и параметров электроэнергии на промышленном предприятии.

В систему АСКУЭ на предприятии входят: информационно измерительный комплекс (ИИК), информационно вычислительный комплекс энергообъекта (ИВКЭ) и информационно-вычислительный комплекс верхнего уровня (ИВК ВУ).

Информационно измерительный комплекс ИИК представляет собой нижний уровень АСКУЭ, он служит для измерения физических величин. Благодаря наличию цифрового аналогового преобразователя в устройствах данного уровня, измеренные параметры преобразуются в информационный сигнал. К оборудованию данного уровня относятся счетчики электроэнергии, модемы и преобразователи портов.

Информационно вычислительный комплекс энергообъекта относится к среднему уровню АСКУЭ и включает в себя совокупность программных и технических средств для сбора, хранения, передачи в ИВК и обработки данных учета электрической энергии и сопутствующей информации, удаленного управления приборами учета. К данному уровню относятся устройства сбора и передачи данных УСПД, предназначенные для обработки, хранения и передачи на верхний уровень всех собранных измерений в электроустановке.

Информационно-вычислительный комплекс верхнего уровня ИВК ВУ включает в себя сервера данных, каналообразующее оборудование, межсетевые экраны, средства для организации локальных сетей, устройства синхронизации времени и источники бесперебойного питания. Без наличия оборудования данного уровня нижестоящие уровни будут уязвимы к хакерским атакам вплоть до возможности отключения счетчиков удалено.

ИИК и ИВКЭ предназначен для организации автоматизированного коммерческого учета электроэнергии, потребляемой промышленным предприятием.

ИИК и ИВКЭ создаются с целью формирования данных о фактическом потреблении по совокупности точек поставки электроэнергии. Что обеспечит:

- получение данных о фактическом потреблении по данной совокупности точек поставки электроэнергии на сервера;
- проведение измерений параметров потребления электроэнергии;
- увеличение точности и метрологических характеристик системы учета;
- привязка измеряемых параметров ко времени.

Итогом является улучшение качества управления данными и прогнозируемость измерений.

Основными задачами ИИК и ИВКЭ является автоматизированный сбор данных, их хранение, формирование журналов событий, передача на верхний уровень с последующей обработкой и формирование отчетов.

На рисунке 1 приведена процедура автоматизированной деятельности в виде диаграммы.

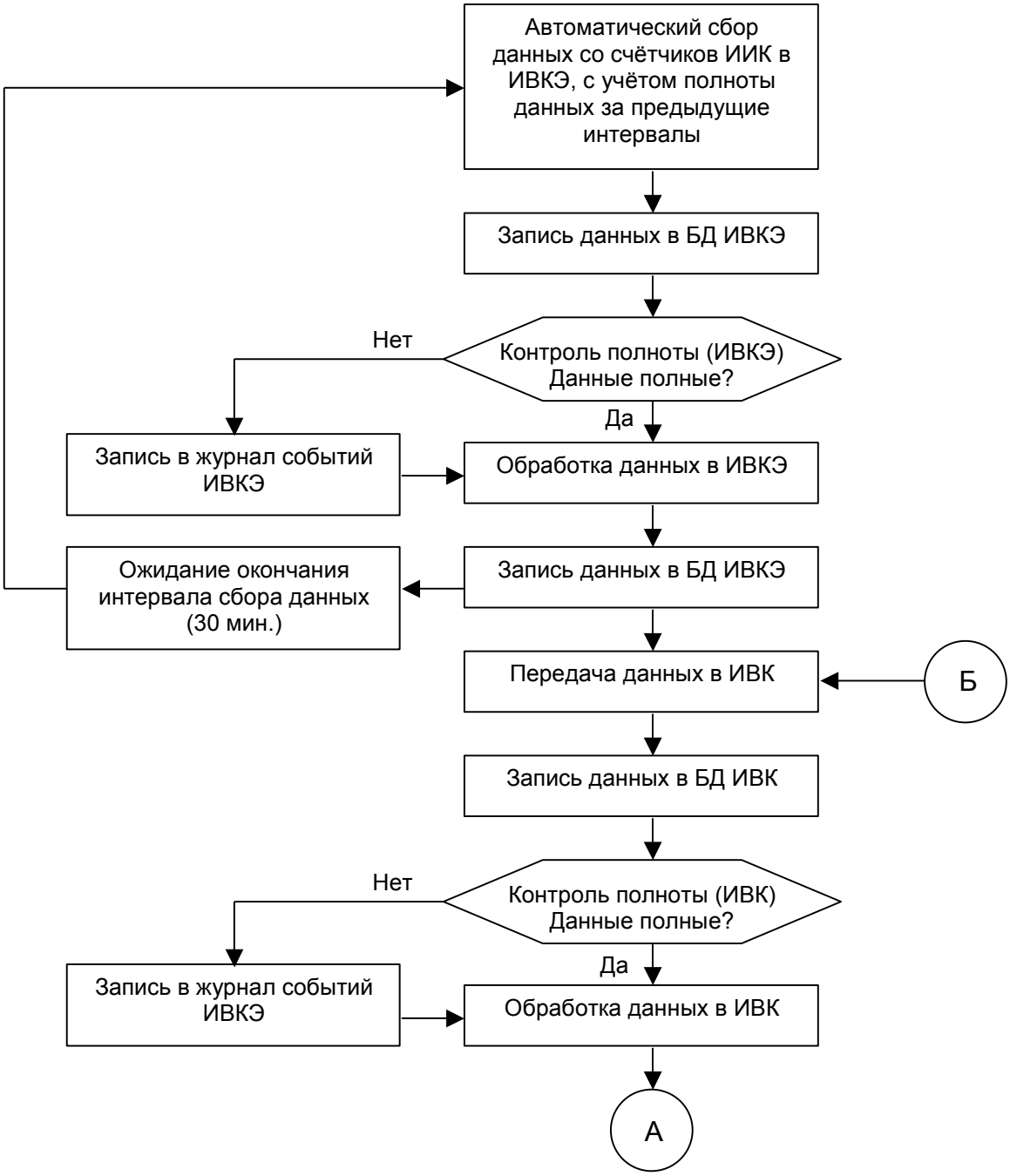
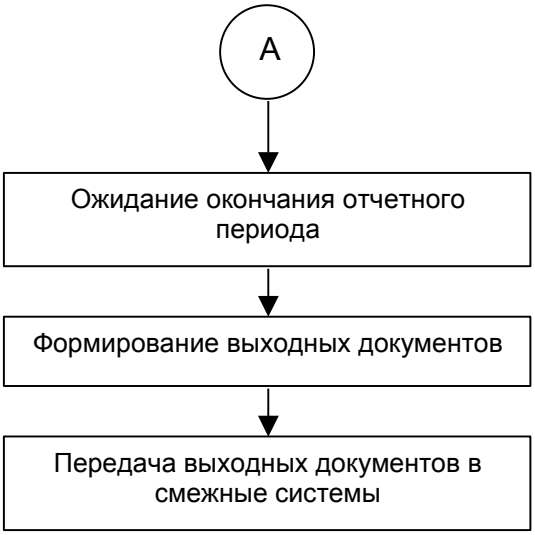


Рисунок 1 – Процедуры автоматизированной деятельности



Продолжение рисунка 1

Процедуры автоматизированной деятельности, которые осуществляются с интервалом 30 минут:

1) автоматический сбор измерений с электрических счётчиков в ИВКЭ, с учетом полноты данных за предыдущие интервалы;

2) формирование данных в ИВКЭ;

3) контроль целостности и полноты данных в ИВКЭ;

4) запись в журнал событий (в ИВКЭ)

5) контроль измерений ИВКЭ;

6) передача данных в ИВК;

7) контроль полноты (данные полные?) в ИВК;

8) запись в журнал событий (в ИВК);

9) обработка данных в ИВК.

Процедуры автоматизированной деятельности, которые осуществляются с интервалом ежедневно и 1 раз в месяц:

1) формирование выходных документов;

2) передача выходных документов в смежные системы.

Благодаря наличию данных уровней система учета электроэнергии является стабильной, устойчивой к внешним воздействиям, обеспечивает все метрологические требования. Каждый уровень выполняет свои задачи, но обладает возможностью перестроения в нештатных ситуациях, чем обеспечивает стабильность сбора и отправки измеряемых показаний и полноту данных.

Список литературы

1 Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления (ССУЗ) / И.Ф. Бородин. — М.: КолосС, 2006. — 352 с.

2 Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; Пер. с англ. М. Павлов. — М.: Лори, 2017. — 567 с.

3 Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. — М.: Форум, 2016. — 224 с.

4 Латышенко, К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля / К.П. Латышенко. — М.: МГУИЭ, 2016. — 312 с.

5 Клюев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С. Клюев, В.Я. Ротач, В.Ф. Кузищин. — М.: Альянс, 2015. — 272 с.

6 Мауэргауз, Ю.Е. Автоматизация оперативного планирования в машиностроительном производстве / Ю.Е. Мауэргауз. — М.: Экономика, 2017. — 287 с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГОФРИРОВАННОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Султанов А.Т., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Ключевой целью в производстве воздушных фильтров является увеличение объема выпуска, но это влечет за собой проблему сокращения срока службы оборудования из-за интенсивности производства. Основное направление исследований заключается в повышении эффективности производства путем увеличения производительности технологической линии без ущерба для долговечности оборудования.

Система автоматизированного управления гофрировальным станком является комплексом программно-аппаратных средств, созданных для оптимизации и автоматизации процесса гофрирования материалов, таких как картон или бумага. Ее главная цель заключается в повышении эффективности производства, улучшении качества гофрирования и уменьшении вмешательства оператора в процесс работы.

Одновременно с увеличением производительности необходимо сохранять стабильный срок службы оборудования, что требует баланса между интенсивностью работы и долговечностью машинного оборудования.

Станки плиссирования представляют собой важное оборудование для формирования фильтрующего материала из бумаги. Фильтры, используемые для очистки жидкостей и газов, требуют определенной структуры для эффективной задержки или удаления частиц и загрязнений.

Гофрированный материал служит основой для фильтрации, его волнистая структура обеспечивает увеличенную поверхность, по которой происходит пропускание жидкости или газа. Этот процесс дополнительно воздействует на проходящие через материал вещества, что может улучшить фильтрационные свойства.

Основная задача станков плиссирования состоит в формировании гофрированного материала с определенными параметрами, такими как размер и глубина гофр, а также ширина и длина складок. В зависимости от требований фильтрации, эти станки могут быть настроены для производства фильтров с заданными характеристиками.

Гофрировальные станки представляют собой промежуточное звено в производстве фильтров, выполняя гофрирование рулонов бумажного материала, формирование и маркировку складок фильтрующего материала.

Также следует отметить, что:

- высота гофрополотна варьируется в зависимости от установленного фальцовочного блока (станок поставляется с установкой блок для гофр высотой 50 мм);

- ширина гофрополотна варьируется в зависимости от установленного рулона фильтровальной бумаги.

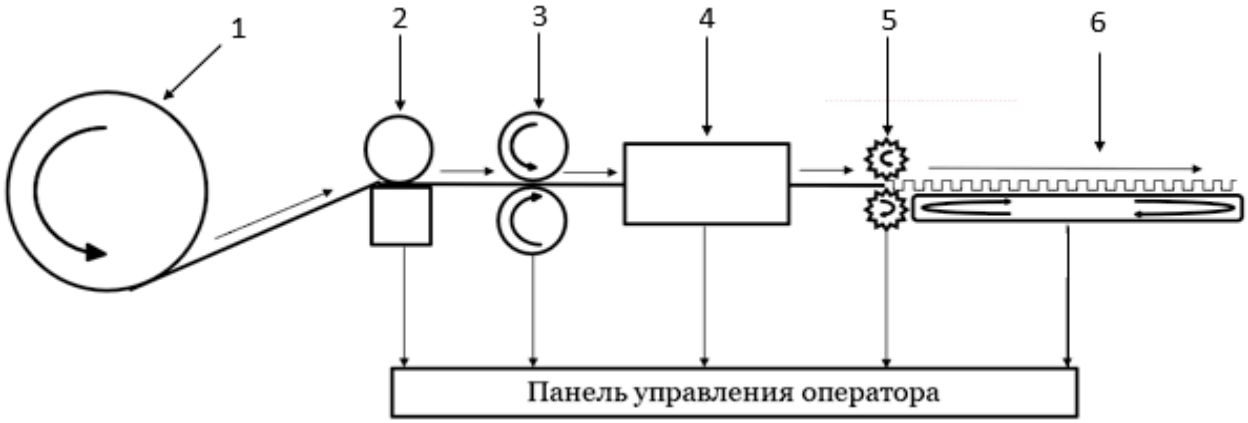
Основными компонентами промышленной системы автоматизации являются контроллеры (ПЛК), датчики и панели управления [1].

САУ осуществляется путем управления технологическим процессом и сводится к централизованному диспетчерскому управлению оборудованием.

Технология плиссирования, известная как «промятие/продавливание», представляет собой процесс формирования складок на поверхности материала, такого как текстиль или фильтрующие материалы, с целью увеличения его объема, гибкости и функциональности.

Этот процесс начинается с подготовки материала, который затем проходит через специализированные машины или оборудование. Основной характеристикой плиссирования является создание параллельных и однородных складок на поверхности материала. Для этого используются разнообразные методы, включая прессование, складывание и комбинацию различных техник [2].

На основе технической документации совместно с инженерами предприятия была разработана принципиальная схема технологической линии по производству гофрированного листового материала представлена на рисунке.



1– Размотчик с механическим тормозом, 2 – Узел надреза бумаги, 3 – Вал плиссирования, 4 – Узел маркировки и клея, 5 – Узел гофрообразования, 6 – Конвейер протягивает сложенную гофру.

Рисунок 1 – Принципиальная схема технологической линии по производству гофрированного листового материала.

Краткое описание каждого элемента системы:

Размотчик с механическим тормозом представляет собой устройство, предназначенное для распределения и подачи сырья в процессе гофрирования. Он оснащен бобинодержателем, на котором размещается рулон материала для гофрирования. Важной функцией является настройка тормоза для предотвращения нежелательной раскрутки рулона.

Узел надреза выполняет обрезку краев бумаги и производит надрезку для последующего разделения готового изделия по этой линии. Скорость вращения данного узла регулируется в зависимости от параметров плиссировачных валов.

Модуль протяжных и гофрировальных валов отвечает за формирование плиссированных складок на материале. Для достижения необходимой высоты фильтра применяются валы с различными параметрами диаметра и шага ножен. На одном из валов находится нож, который проминает бумагу, создавая линию сгиба, вдоль которой происходит складывание.

Узел маркировки и клея автоматически наносит краску на бумагу в зависимости от числа складок и наносит клей. Модуль подающих валов синхронизирует свою скорость с модулем протяжных валов после нанесения клея.

Узел гофрообразования формирует гофру, основываясь на заранее созданных полосах узла плиссирования. На вращающихся валах установлены специальные звездочки, в которых бумага складывается, а гофра формируется. Скорость вращения валов регулируется и зависит от количества складок.

Конвейер предназначен для транспортировки готовой гофры, позволяя клею высохнуть в процессе перемещения. Скорость конвейера регулируется частотным преобразователем, установленным на нем.

Панель управления оператора обеспечивает возможность настройки различных параметров станка, таких как скорость, температура клея, натяжение и другие важные характеристики процесса [3].

Основные проблемы узла гофрообразования в технологической линии при производстве листового материала могут включать следующее:

1) Несоответствующее натяжение материала между гофрирующими валами имеет потенциал вызвать дисбаланс в гофрировании. При излишнем натяжении материала гофры могут стать плоскими или даже отсутствовать. Снижение степени натяжения, напротив, может вызвать неравномерные гофры или их чрезмерную глубину;

2) Некорректная настройка глубины гофрирования может привести к нежелательным результатам. Глубокие гофры могут терять форму или эстетическую привлекательность, в то время как мелкие гофры могут не обеспечить желаемого эффекта;

3) Процесс гофрирования способен вызывать повреждения материала, особенно при применении неподходящей методики или настроек. Это может включать в себя появление складок, разрывы или другие повреждения на поверхности материала;

4) Гофрирующие валы подвержены износу и повреждениям из-за трения и нагрузок. Их неправильное состояние может вызвать неравномерное формирование гофров или даже утрату функциональности;

5) Узел гофрообразования может быть подвержен нестабильности процесса, что влечет за собой непредсказуемые результаты гофрирования. Это может быть обусловлено проблемами в приводных механизмах, контроле или других факторах.

Исходя из перечисленных факторов, можно сделать вывод о том, что процесс гофрирования представляет собой технически сложную операцию,

требующую точной настройки и контроля. Неправильное натяжение материала между гофрирующими валами, некорректная регулировка глубины гофрирования, возможные повреждения материала, износ гофрирующих валов и возможная нестабильность в процессе могут значительно повлиять на качество и эффективность производства.

Контроль и стабилизация всех элементов процесса гофрирования, включая уровень натяжения материала, настройки глубины гофрирования, поддержание состояния гофрирующих валов и обеспечение стабильности в работе узлов, являются важными факторами для обеспечения высококачественного и надежного производства гофрированных материалов.

Список литературы

1 Аверченков В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ – 3-е изд., стер.. Монография / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Куклоченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – Москва: Флинта, 2016. – 149 с. : – ISBN 978-5-9765-1250-4.

2 Смолин А.С. Технология гофрокартона: учебное пособие – изд. 2-е, испр. и доп. / А.С. Смолин, В.К. Дубовый, В.И. Комаров, Я.В. Казаков, В.И. Белоглазов. – Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. – 412 с. : – ISBN 978-5-91155-072-1

3 Ковалевский, В.И.. Проектирование технологического оборудования и линий 2-е изд: Учебное пособие / В.И. Ковалевский – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2016. – 344 с.: – ISBN 978-5-98879-137-9.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИА- И РАКЕТОСТРОЕНИИ

Пугачев Д. В., Негматуллин Д. Р.,
Езерская Е. М., канд. пед. наук, Езерский Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современная эра технологических инноваций привнесла в сферу авиационного и ракетного производства новые перспективы, основанные на использовании аддитивных технологий (АТ), более известных как 3D-печать. Эти технологии предоставляют уникальные возможности для создания компонентов с высокой степенью сложности, обеспечивают экономию времени и материалов. В данной статье рассмотрим перспективы применения аддитивных технологий в авиа- и ракетостроении и их влияние на индустрию.

В сфере авиации, где каждый грамм играет большую роль в обеспечении безопасности и эффективности полетов, аддитивные технологии предоставляют уникальные возможности для создания легких и прочных конструкций. Это является ключевым преимуществом, оказывающим значительное влияние на индустрию авиастроения.

Одним из лидеров, использующих АТ, являются «РусАТ» и Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий. Стороны (в ноябре 2023 года) подписали соглашение о взаимодействии области аддитивных технологий для решения задач авиационной промышленности, рисунок 1, [1].

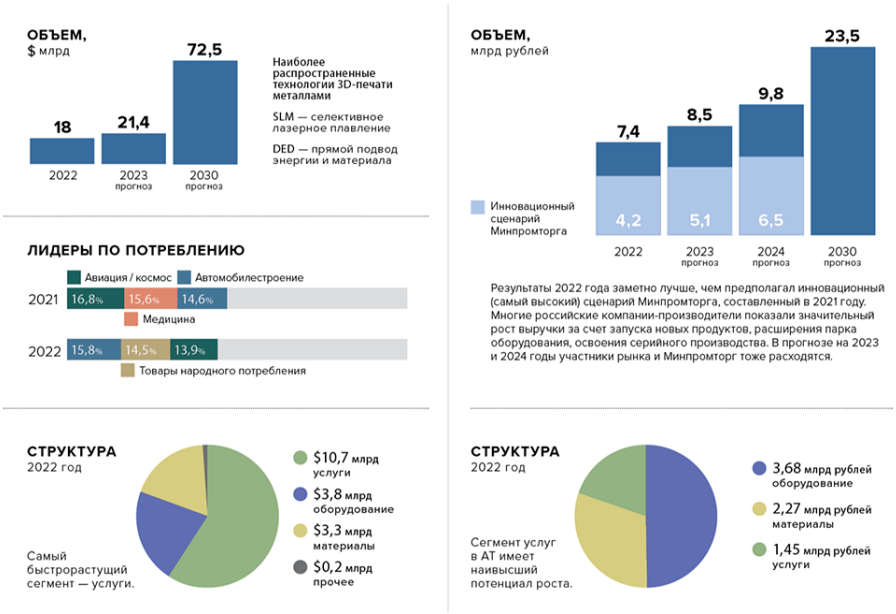


Рисунок 1– Перечень продукции в сегменте аддитивных технологий в Татарстане

Инженеры при помощи аддитивных технологий создают сложные изделия, имеющие геометрические формы, которые были бы трудно или даже невозможно достичь с использованием традиционных методов производства [3].

Например, разработки по снижению веса самолета приводит к сокращению затрат на топливо, что в свою очередь улучшает экономическую эффективность эксплуатации воздушного транспорта. Преимущества легких самолетов достигается за счет дальности полета, сокращения времени в пути и возможностью использования более экологически чистых топлив. Это важно не только для авиакомпаний, но и для снижения воздействия авиации на окружающую среду [2].

На рисунке 2, представлен 3D-принтер с всеракурсным роботом-манипулятором. Устройство позволяет «выращивать» сверхпрочные детали сложной конструкции из титана и стали для авиакосмического машиностроения.

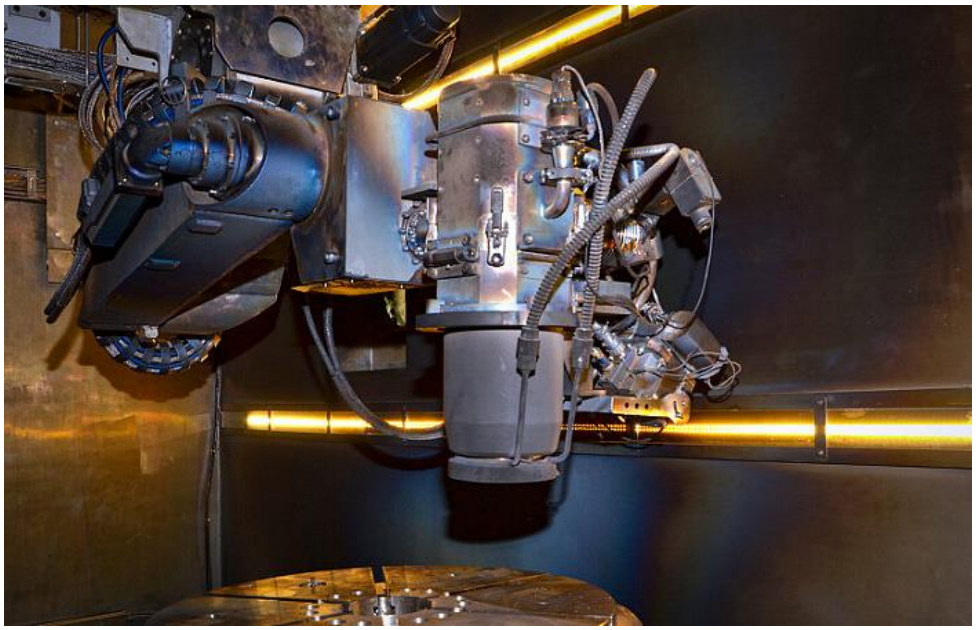


Рисунок 2 – Вакуумный электронно-лучевой 3D-принтер с всеракурсным роботом-манипулятором

В корпорации General Electric есть целый отдел GE Additive, который развивает технологии 3D-печати. Там занимаются разработкой гигантского лазерного 3D-принтера, который будет применяться в авиастроении. Изготавливать детали принтер станет из металла (порошок титана, алюминия, железа) с помощью послойного метода. Уже сейчас General Electric печатает форсунки для двигателей, которые используют компании Airbus и Boeing. Safran Helicopter Engines которая производит авиадвигатели, создала целую линейку Aneto. Детали этих газотурбинных агрегатов напечатаны на 3D-принтере, сам двигатель на 30 % мощнее, чем подобные ему установки [5].

На рисунке 3, представлен 3D-принтер, печатающий детали, из которых будут собираться ракеты.

Рисунок 3 – 3D-принтер, на котором изготавливают детали, из которых будут собираться ракеты

Широкое применение аддитивных технологий при изготовлении продукции в авиа- и ракетной области повышают экономическую выгоду, ускоряют процесс производства, расширяют возможности создания инновационных, безопасных и эффективных воздушных и космических транспортных средств.

Список литературы

1 «Росатом» показал обновленный 3D-принтер на V Лидер-форуме «Аддитивные технологии» [Электронный ресурс] URL: https://strana-rosatom.ru/2023/11/30/rosatom-pokazal-obnovlennyj-3d-print/ (дата обращения: 19.01.24)

2 Фалько, С.Г. Требования и оценка реализуемости проектов создания изделий ракетно-космической техники /С.Г. Фалько, В.А. Волков, Г.О. Баев, А.О. Орлов // Научный журнал КубГАУ. – 2014. № 99(05). С. 1-13.

3 Фалько, С.Г. Зарубежные практики определения трудоемкости и стоимости разработок в авиационно-космической промышленности /С.Г. Фалько, А.Д. Цисарский // Контроллинг. – 2016. № 61. С. 70-73.

4 Фалько, С.Г. Анализ тенденций, определяющих научно-технологическое развитие космической отрасли в условиях больших вызовов / С.Г. Фалько, Т.Н. Рыжикова, З.С. Агаларов // Экономический анализ. – 2020. № 06 (19). С. 996-1014.

5 Преимущества 3D-печати для авиастроения [Электронный ресурс] URL: https://3d-expo.ru/article/kak-primenyaetsya-3d-pechat-v-aviastroitelnoy-otrasli-93171(дата обращения: 19.01.24)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МОДУЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Пчелинцев М. Н., Шафиев Р. Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время координатно-измерительные машины (КИМ) являются неотъемлемой частью процесса контроля и измерений в промышленности. Однако для эффективного измерения на КИМ необходимо иметь надежную систему закрепления деталей, которая позволит обеспечить точность и повторяемость измерений. Подобные системы, главным образом, представлены зарубежными модульными системами закрепления деталей на КИМ, ключевые особенности которых рассматриваются в данной статье.

Существует большое количество зарубежных модульных систем закрепления деталей, разработанных различными производителями КИМ и специализированными компаниями. Рассмотрим несколько из них.

Зарубежные модульные системы закрепления деталей, такие как SwiftFix, EasyFix и Allufix состоят из базовых элементов (плиты с отверстиями, линейные элементы, раскосы, кронштейны и т.п.) (рисунок 1), регулировочных элементов (салазок, опор, поворотных элементов и т.п.) (рисунок 2), контактных элементов (центры, шариковые наконечники, пробковые прокладки и т.п.) (рисунок 3), зажимные элементы (прижимные пружины, шарнирно-рычажные зажимы и т.п.) (рисунок 4), а также различные соединительные элементы (стяжки, быстросъемные винтовые соединения) (рисунок 5).

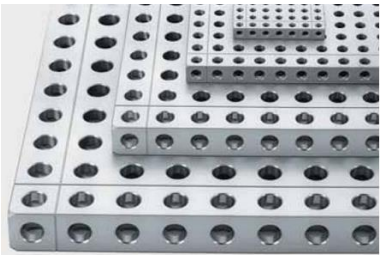


Рисунок 1 – Базовые плиты зарубежной универсальной модульной оснастки

Рисунок 2 – Гибкий шарнир зарубежной универсальной модульной оснастки

Рисунок 3 – Стойка со штифтом зарубежной универсальной модульной оснастки

Рисунок 4 – Шарнирный зажим зарубежной универсальной модульной оснастки

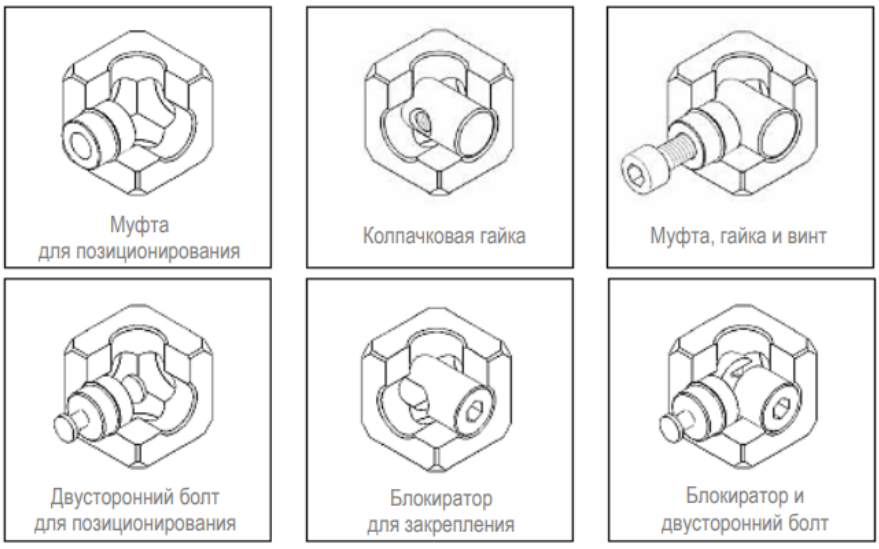


Рисунок 5 – Соединительные элпементы зарубежной универсальной модульной оснастки

Все эти названные элементы представляют собой наборы инструментов и принадлежностей, позволяющих установить и закрепить детали на столе КИМ

при обеспечении свободного доступа ко всем измеряемым элементам и надежно фиксации детали от воздействия измерительного усилия [1].

По своей сути это просто конструктор, за основу которого взята плита с отверстиями, к которой крепятся все остальные элементы, при этом все элементы системы обладают единым стандартным интерфейсом, что позволяет комбинировать их между собой для получения нужной конфигурации закрепления деталей, соответственно такая система позволяет создавать различные варианты установочного приспособления с возможностью его перенастройки.

Такое приспособление прекрасно подойдет для измерения деталей от самых простых, для которых потребуется базовые регулируемые элементы, до сложных, для которых потребуются проектирование специальных элементов.

Названная оснастка обеспечивает свободный доступ ко всем нужным поверхностям при отсутствии необходимости использования пластилина, клея, и, соответственно, потребности удаления следов их использования после измерений.

Таким образом, наиболее эффективным способом закрепления деталей при координатных измерениях представляется использование универсальной модульной оснастки, которая практически отсутствует на отечественных предприятиях, эксплуатирующих координатно-измерительную технику. Ее главными достоинствами являются малое время установки измеряемого изделия и возможность выполнения измерений в конкретной области стола КИМ, где хорошо известны ее характеристики. Недостатком же является то, что при написании управляющей программы на КИМ оператору необходимо учитывать все крепежные элементы системы, а также, что усилия зажима могут деформировать деталь и ее элементы, подлежащие измерению.

На основе этих модульных систем среднесерийные производства (и предприятия с б*о*льшим объемом выпуска) могут сами проектировать свою универсальную модульную оснастку, подходящую для координатных измерений любых деталей, которые они производят.

Список литературы

1 Каменев, С.В. Основы автоматизированных координатных измерений: учебное пособие / С. В. Каменев, К.В. Марусич. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. – 120 с.

2 Coordinate Measuring Machines and Systems. Second Edition / Edited by R. J. Hocken & P. H. Pereira. – Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012 – 567 p. – ISBN 978-1-57444-652-4.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ WC–CO

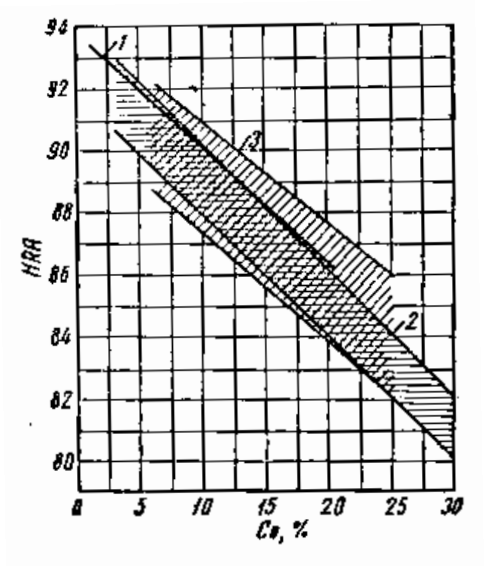
Ревяко С.В., Юршев И.В., начальник испытательной лаборатории,
Великанов А.А., Гусева Н.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Механические свойства сплавов определяются в первую очередь составом – количественным соотношением основных компонентов: карбидов и кобальта. Большое влияние оказывают также структура и главным образом размер зерен составляющих фаз, поэтому механические свойства следует рассматривать в тесной связи с указанными двумя основными факторами.

Сплавы WC–Co. Твердость.

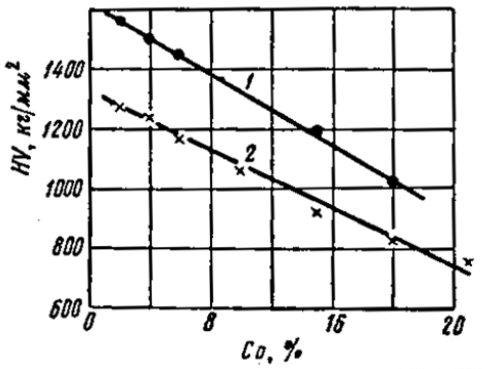
Согласно существующим экспериментальным данным, твердость сплавов WC–Co изменяется в зависимости от содержания в них кобальта, а именно, повышение содержания его ведет к снижению твердости. На рисунке 1 графически представлена зависимость твердости по Роквеллу (шкала А) сплавов WC–Co от содержания в них кобальта при комнатной температуре, по некоторым литературным данным. Согласно Инглу, эта зависимость выражается прямой линией (а на рисунке 1), т.е. автор принимает одно, возможно среднее, значение твердости для сплава каждого состава. Между тем известно, что на твердость сплава одного и того же состава влияет размер зерен карбидной фазы, т. е. с их укрупнением твердость падает. Иногда на твердость оказывает влияние и технология изготовления сплава. Поэтому наиболее правильным путем явится учет влияния указанных факторов и установление пределов возможных колебаний твердости для данного состава. Если представить графически данные Киффера и Шварцкопфа для сплавов с различным содержанием кобальта, которые, повидимому, отражают производственный опыт, то изменение твердости в зависимости от состава будет выражено на графике некоторой областью (заштрихованная полоса 2 на рисунке 1). Герленд и Бардзилл, определяли твердость для сплавов как различного состава, так и различной зернистости. Изменение твердости в зависимости от состава, по Герленду и Бардзиллу, с учетом влияния размера зерен карбидной фазы представлено на графике (рисунок 1) в виде заштрихованной полосы 3. Данные работы о твердости сплавов WC — Co по Виккерсу приведены на рисунке 2.

Таким образом, рассматривая зависимость твердости от состава с учетом возможных колебаний, которые могут быть главным образом в связи с тем или иным размером зерен фазы WC, можно отметить, что твердость сплавов WC – Co практических составов при комнатной температуре изменяется от 91–93 для сплава с 3% Co, до 81–84 для сплава с 30% Co (по Роквеллу, шкала А).



1 – по Инглу; 2 – по Кифферу и Шварцкопфу; 3 – по Герленду и Бардзиллу; (верхняя граница отвечает твердости сплава с величиной зерен фазы WC 1–2 мк, нижняя 5–6 мк)

Рисунок 1 – Зависимость твердости сплавов WC - Co от содержания кобальта



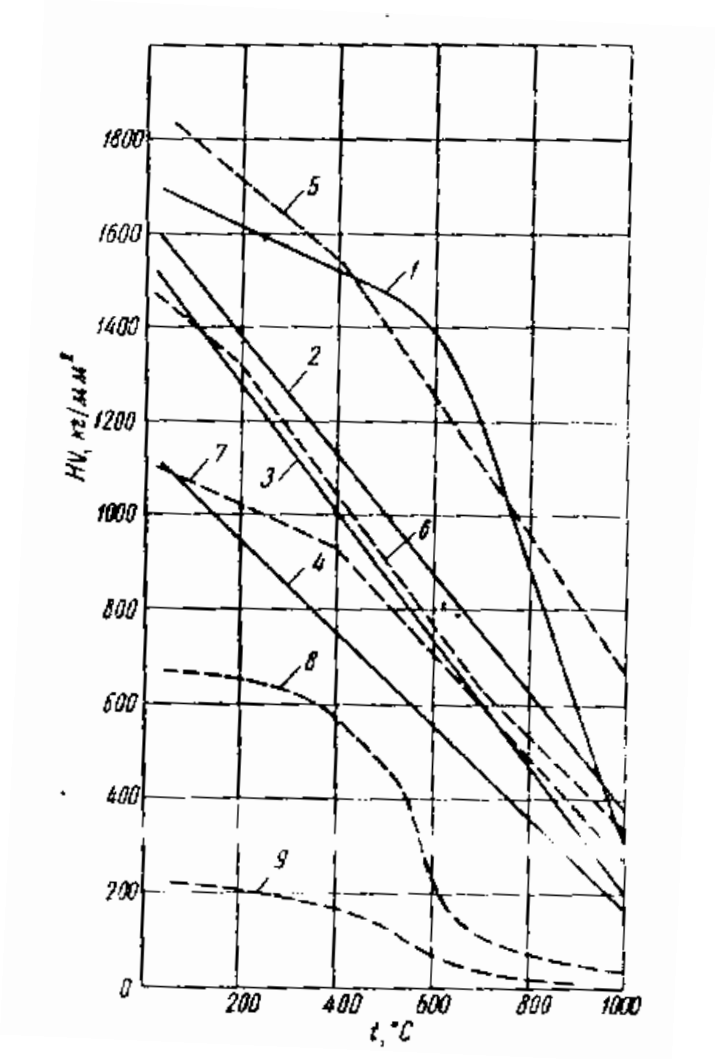
1 – для сплавов со средним размером зерен 1,64 мк;
2 – для сплавов со средним размером зерен 4,95 мк.

Рисунок 2 – Зависимость твердости сплавов WC - Co от состава и размера зерен фазы W

Однако представление о твердости сплавов было бы далеко не полным, если рассматривать значения ее только при комнатной температуре, так как металлокерамические твердые сплавы в условиях эксплуатации часто работают при повышенных температурах. Значительная температура, например, развивается на режущей кромке инструмента при обработке металлов резанием. Поэтому для оценки свойств сплавов полезно изучить зависимость твердости от температуры.

На рисунке 3 приведены кривые зависимости твердости по Виккерсу от температуры для ряда сплавов WC – Co и для некоторых сталей, полученные при измерении алмазным индентором под нагрузкой 1 кг в вакууме (прибор ВИМ-1). Казаковым на образцах сплавов с 2, 8 и 15% Co, а также Брохиным,

Ольховым и Платовым на образцах крупнозернистых сплавов с 6, 8 и 15% Co (основная масса зерен имела размер 2-5 мк) и мелкозернистого сплава с 6% Co (основная масса зерен имела размер до 1 мк).



1 – 6 % Co (мелкозернистый); 2 – 6% Co (крупнозернистый); 3 – 8% Co (крупнозернистый); 4 – 15% Co (крупнозернистый); 5 – 2% Co; 6 – 8% Co; 7 – 18% Co; 8 – сталь Р18 (быстрорежущая); 9 – сталь У10 (углеродистая);

Рисунок 3 – Зависимость твердости сплавов WC–Co от температуры по Брохину, Ольхову в Платову

В обоих случаях ход кривых показывает, что твердость сплавов WC–Co значительно снижается с повышением температуры: от 1200–1800 кг/мм² при комнатной температуре до 300–800 кг/мм² (в зависимости от содержания кобальта) при 1000 °C. Различие в твердости при 20 °C для разных сплавов, обусловленно составом (т.е. более высокая твердость сплавов с малым содержанием кобальта), сохраняется во всем интервале исследованных температур. Разница в твердости сплавов, отличающихся величиной зерна фазы WC (кривые 1, 2 на рисунке 3 для мелкозернистого и крупнозернистого сплавов с 6% Co) сохраняется примерно лишь до 800 °C, а затем наблюдается более резкое падение

твердости мелкозернистого сплава, в результате чего при 1000 °С твердость его оказывается ниже, чем у крупнозернистого сплава.

Более высокая по сравнению с быстрорежущей сталью твердость сплавов WC–Co и более резкое снижение этой характеристики для стали в зависимости от температуры обусловливают то обстоятельство, что твердость сплавов WC–Co при 800–1000 °С примерно равна твердости быстрорежущей стали при температуре около 500 °С.

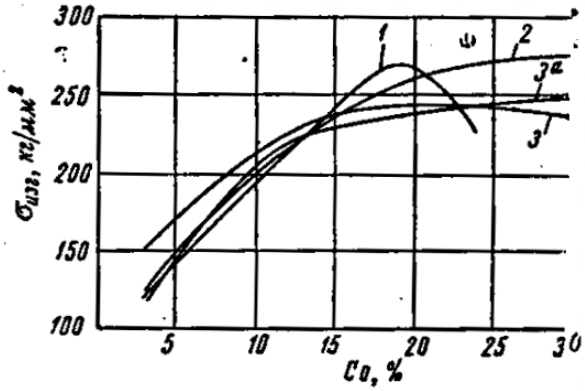
Механические свойства при статических нагрузках.

Предел прочности при изгибе. Основным источником сведений по этому вопросу в течение долгого времени служили данные американских исследователей, опубликованные в 1942 г. Инглом, которые затем приводились в книге Шварцкопфа и в обзорных статьях Трента, Сандфорда и Трента и др.

По данным Ингла, предел прочности при изгибе сплавов WC–Co с повышением содержания кобальта сначала возрастает, а затем, по достижении известного максимума – примерно при 18% Co, падает (рисунок 4).

В 1949 г. Третьяков и Гольдберг проводили опыты по определению предела прочности при изгибе сплавов WC–Co различного состава (от 3 до 30% кобальта) и двух видов по размеру зерен карбидной фазы (рисунок 4, кривые 3 и 3а). Слабо выраженный максимум они обнаружили лишь для относительно крупнозернистых сплавов (кривая 3), тогда как для более мелкозернистых сплавов повышение предела прочности при изгибе наблюдалось вплоть до содержания 30% Co (кривая 3а).

Амман и Хиннюбер, очевидно, на основании данных германской промышленности в опубликованной в 1951 г. работе также показали непрерывный рост предела прочности при изгибе с увеличением содержания кобальта в сплаве до 30% (рисунок 4, кривая 2).



1 – по Инглу; 2 – по Амману п Хиннюберу; 3 и 3а – по Третьякову и Гольдберг (3 – для относительно крупнозернистых сплавов, 3а – для более мелкозернистых)

Рисунок 4 – Зависимость предела прочности при изгибе сплавов WC–Co от содержания кобальта

Герленд и Бардзил, изучая зависимость $\delta_{изг}$ не только от содержания кобальта в сплаве, но и от размера зерен фазы WC в относительно широком ин-

тервале изменения этой величины, показали, что значения предела прочности при изгибе связаны с величиной зерна в сплавах таким образом, что кривые состав – предел прочности при изгибе имеют максимум. Основные данные этих авторов (рисунок 5 а и б) сводятся к следующему:

1) для относительно крупнозернистых сплавов падение $\delta_{изг}$ начинается при содержании 16—18% Co, для более мелкозернистых сплавов (средний размер зерен 2 мк) наблюдается непрерывное повышение $\delta_{изг}$ до содержания в сплаве 25% Co (рисунок 5, а);

2) для каждого из составов при некотором определенном размере зерен имеется максимум в значениях предела прочности при изгибе. При измельчении, так же, как и при укрупнении зерна, по сравнению с этим «оптимальным» размером прочность сплава снижается (рисунок 6);

3) для сплавов с более высоким содержанием кобальта максимальные значения $\delta_{изг}$ достигаются при более мелком зерне фазы WC, чем для сплавов с меньшим содержанием кобальта (рисунок 6);

4) наиболее высокие абсолютные значения $\delta_{изг}$ относятся к сплавам с высоким содержанием кобальта (рисунок 6).

Данные Герленла и Бардзила были позднее подтверждены в работе Алексеевой, Баранова и Креймера.

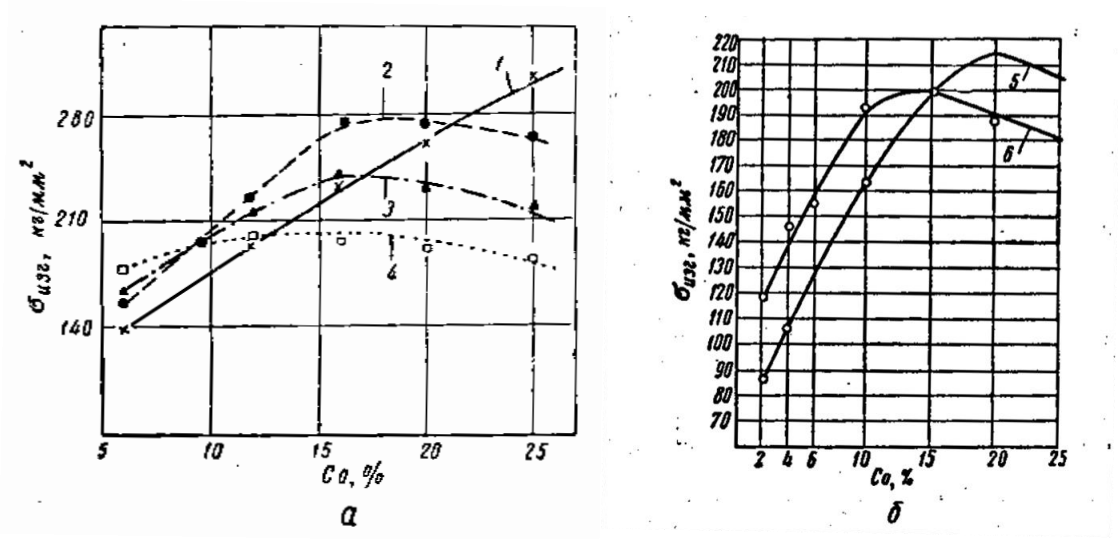
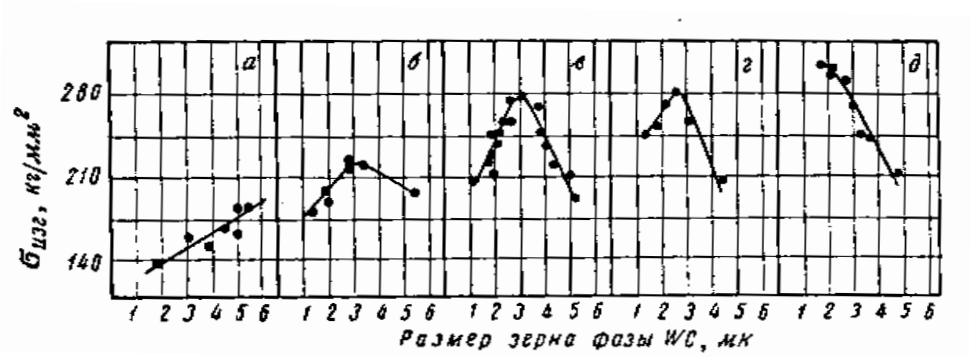


Рисунок 5 – Зависимость предела прочности при изгибе сплавов WC–Co различной зернистости

Полученные ими кривые состав – предел прочности при изгибе для серий сплавов со средним размером зерна 1,64 и 4,95 мк (соответственно кривые 5 и 6 на рисунке 5, б) также имеют максимумы, причем для сплавов мелкозернистых они находятся при более высоком содержании кобальта, чем для крупнозернистых.

Абсолютные значения предела прочности при изгибе для сплавов одного состава, полученные разными исследователями, могут отличаться между собой не только вследствие различной зернистости исследуемых образцов, как это

было показано выше: большое значение имеет также применение той или иной методики определения $\delta_{изг}$ и различной технологии изготовления образцов. Поэтому наиболее ценными следует считать сведения о характере изменения предела прочности при изгибе для сплавов одной серии, получаемые в одинаковых условиях испытания.



а – 6% Co; б – 12% Co; в – 16% Co; г – 20% Co; д – 25% Co.

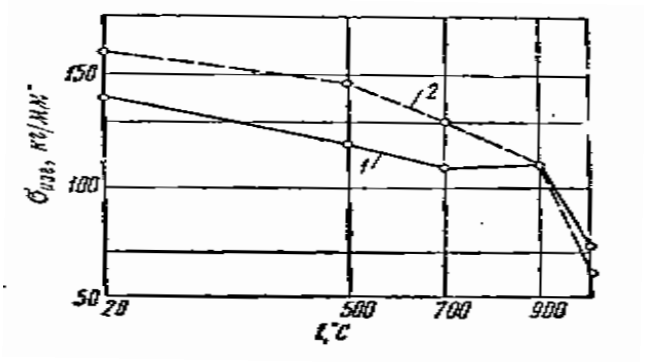
Рисунок 6 – Зависимость предела прочности при изгибе сплавов различного состава от размера зерна фазы WC

Важным параметром механических свойств сплавов WC–Co является предел прочности при изгибе при повышенных температурах. Зависимость значений $\delta_{изг}$ для сплавов WC–Co от температуры изучалась в ряде работ. В обзорной литературе до последнего времени для сплавов с 13% и 10% Co приводились обычно сведения значительной давности. Более полные данные по этому вопросу получены в новых работах.

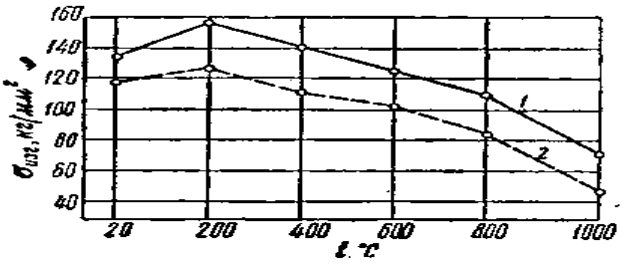
Так, Креймер, Сафонова и Баранов исследовали при различных температурах прочность сплавов с 6% Co, отличающихся между собой размером зерен карбида вольфрама. Кривые изменения предела прочности при изгибе в зависимости от температуры испытания, по данным этих авторов, приведены на рисунке 7.

Креймер, Сидорин и Тищенкова исследовали при повышенных температурах крупнозернистые сплавы одинаковой структуры (по размеру зерен фазы WC) с 4% и 8% Co. Полученные ими значения предела прочности при изгибе показаны в виде кривых на рисунке 7, б.

Более подробные данные, а именно при испытании трех серий образцов сплавов различной зернистости с содержанием кобальта от 2% до 25% в пределах каждой серии, были получены Алексеевой, Барановым и Креймером.



Результаты перечисленных выше исследований свидетельствуют о значительном снижении предела прочности при изгибе с ростом температуры: при повышении температуры испытания с 20 °С до 800 °С и 1000°С $\delta_{изг}$ сплавов WC –Co примерно в два раза ниже, чем при комнатной температуре. Наиболее резкое снижение предела прочности при изгибе наблюдается для сплавов с высоким содержанием кобальта. Для сплавов с низким содержанием кобальта значения $\delta_{изг}$ с повышением температуры снижаются в меньшей степени. В связи с этим при высокой температуре (800 °С – 1000°С) значения предела прочности при изгибе для сплавов с низким содержанием кобальта будут находиться выше значений $\delta_{изг}$ некоторых сплавов с высоким содержанием кобальта (рисунок 7).



а) при изгибе сплавов 94% WC + 6% Co различной зернистости от температуры(1 – среднезернистый; 2 – мелкозернистый); б) при изгибе сплавов WC + Co от температуры: 1 – 4% Co; 2 – 8% Co.

Рисунок 7 – Зависимость предела прочности от температуры

Список литературы

1. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: учебное пособие для вузов / В.С. Панов, А.М. Чувилин – Москва: МИСИС, 2001. – 428 с.

2. Фальковский, В.А. Твердые сплавы / В.А. Фальковский, Л.И. Клячко – Москва: Издательский дом «Руда и металлы», 2005. – 399 с.

3. Логинов, Ю.Н. Технология производства заготовок из твердых сплавов. Учебное пособие. / Ю.Н. Логинов – Свердловск, изд. УПИ им. С.М.Кирова, 1984. – 53 с.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ В ПРИВОДАХ МЕДЛЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Решетов С. Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Для машин с медленных перемещений, например, разрывных машин для коррозионно-механических испытаний, требуются особые приводы, которые могут реализовывать особо большие (более 10^4) передаточные числа, позволяющие обеспечивать на рабочем захвате требуемые малые (порядка 10^{-8} м/с) скорости испытаний. Классификация механизмов медленных перемещения приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Классификация механизмов медленных перемещений

Рассмотрим особенности некоторых, наиболее широко применяемых в инженерной практике варианты конструкции механизмов, обеспечивающих медленные перемещения исполнительных органов.

Обычно, для получения приводов с такими характеристиками используют механический привод с самотормозящими передачами, которые, как правило, располагаются на конце кинематической цепи, что обеспечивает достаточно высокую приведенную жесткость упругой системы привода [1]. В качестве самотормозящих передач обычно используют пару винт-гайка, червячно-реечную передачу, кулачковые и реечные устройства – при поступательном перемещении рабочего органа машины, червячную передачу – при вращательном движении передвигаемого узла. Достоинством подобных приводов является достаточная равномерность медленных перемещений рабочих элементов машины, а основным недостатком – большие масса и габариты привода, а, следовательно, и высокая стоимость изготовления и эксплуатации.

Второй вариант конструкции привода – использование тепловых свойств при нагревании и охлаждении материала – так называемый термодинамический привод, например, как привод к установке, приведенной в патенте [2]. Здесь в качестве приводного движителя используется тепловой элемент, деформации которого (при воздействии изменяющейся температуры) и создают малые перемещения. Существенным достоинством термодинамических приводов является возможность бесступенчатого регулирования скорости рабочего органа, а также простота конструкции. А вот недостатками являются неравномерность движения рабочего органа из-за градиента температур, необходимость надежной теплозащиты, высокая материалоемкость из-за необходимости обеспечения достаточной жесткости конструкции.

Близким по принципу действия к термодинамическому приводу является магнитострикционный привод [3]. Магнитострикция – это свойство тел, выполненных из определенного ряда материалов, изменять размеры под действием магнитного поля, которое также может быть использовано в приводах медленных перемещений. Для создания необходимого удлинения, стержень или образец, закрепленный одним концом в неподвижной станине, а другим концом – в подвижном рабочем органе машины, помещается в магнитное поле, при изменении напряженности которого изменяется и длина стержня. При использовании различных сплавов в качестве магнитострикционных материалов очень важно обеспечить правильное процентное содержание, (химических элементов) в сплаве, так как даже незначительное изменение химического состава может существенно повлиять на магнитострикционные свойства и это является главным недостатком магнитострикционные приводов. Кроме того, магнитострикционные свойства могут изменятся под воздействием таких факторов, как колебания температуры, внешней нагрузки и напряжений в материале. И, наконец, при создании магнитострикционного эффекта могут изменяться механические характеристики материалов, что является совершенно неприемлемым, например, для приводов к испытательным машинам.

Для приводов медленных перемещения можно также использовать волновые передачи [4]. Отдельные варианты кинематического исполнения волновых механизмов могут реализовывать передаточные отношения до $1{,}5 \cdot 10^5$. Эти механизмы обеспечивают многозонное и многопарное зацепление, что обеспечивает высокую нагрузочную способность при относительно малых габаритах

и массе. Но данные механизмы имеют довольно сложные в технологическом исполнении элементы, такие как генератор волн (кулачок) и гибкое колесо. Профиль кулачка должен отвечать принятой геометрии волнового зубчатого зацепления и обеспечивать требуемые эксплуатационные свойства передачи, кроме того, низка долговечность гибких элементов волнового механизма. Изготовление и ремонт волновых передач довольно сложны и требуют специальное оборудование, инструмент и т.п.

На основание этого краткого анализа можно заключить, что существуют различные способы реализации медленных перемещений, на различных физических принципах, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Для создания медленных перемещений в испытательной технике, а также некоторых других транспортно-технологических машин с малыми и особо малыми скоростями движения рабочих органов достаточно эффективным является использование замкнутых планетарных дифференциалов, спроектированных на базе трехзвенных планетарных зубчатых передач типа 2k-H [4, 5].

Изготовление таких механизмов не требует сложного специального оборудования, инструментов и приспособлений и возможно в условиях любого современного машиностроительного предприятия, а техническое обслуживание, регулировка и ремонт отдельных элементов не вызывают затруднений. Передачи позволяют реализовывать большие мощности, они долговечны и компактны.

Планетарные дифференциалы обладают особыми механическими свойствами, степень подвижности (W) которых всегда больше единицы (как правило, W=2), то есть все три звена (два центральных колеса k и водило H) планетарной части механизма являются подвижными. Это означает, что для определения скорости движения выходного (ведомого) звена нужно задать скорости движения двух оставшихся звеньев. Если какие либо два звена соединить замыкающей кинематической цепью, то получим замкнутый планетарный дифференциал, который, как и обычный рядовой механизм имеет степень подвижности W=1, т.е. как и в обычном рядовом механизме одно ведущее и одно ведомое звено.

Планетарные механизмы, используемые для синтеза планетарных дифференциалов, обладают следующими особенностями:

- каждый планетарный механизм состоит из простейших зубчатых механизмов с тремя звеньями, а именно: зубчатые колёса, водило и стойка, которые образуют одну высшую и три низшие кинематические пары;

- водило любого из простейших зубчатых механизмов либо неподвижно (рядовой механизм), либо имеет неподвижную в пространстве ось вращения;

- значения угловых скоростей звеньев планетарной части связаны известной в механике формулой Виллиса, приведенной в источнике [4].

Для дифференциальных механизмов планетарного типа 2k-H возможны два варианта замыкания:

- замыкаем кинематической цепью из зубчатых передач одно из центральных колес с водилом;

- аналогично замыкаем между собой два центральных колеса.

Исследованиями установлено, что первый вариант замыкания может обеспечить передаточные числа дифференциального механизма до девяноста миллионов в первом варианте замыкания и до восьмисот миллионов во втором варианте.

Список литературы

1 Каргин, П. А. Развитие методов проектирования зубчатых механизмов с самоторможением (обзор) / П. А. Каргин. – (Конструирование, расчет, испытания и надежность машин). – Текст : непосредственный // Вестник машиностроения. – 2015. – № 4. – С. 3-8. – Библиогр.: с. 8 (27 назв.). – ISSN 0042-4633.

2 Установка для испытания материалов на растяжение [Электронный ресурс] / Чирков А. Н., Кушнаренко В. М., Чирков Ю. А., Огорелкова Н. И., Узяков Р. Н.; патентообладатель Оренбургский политехнический институт. – № 93058031, заявл. 30.12.1993, опубл. 27.09.1997. Бюл. № 27. – 1997. – 4 с.

3 Челпанов, И. Б. Электродинамические вибростенды, их выбор и применение / И. Б. Челпанов, А. В. Кочетков // Вестник машиностроения, 2014. – № 5. – С. 85-88. – Библиогр.: с. 88.

4. Руденко, В. Н. Планетарные и волновые передачи [Текст] : альбом конструкций / В. Н. Руденко . – М. : Машиностроение, 1980. – 148 с. : ил.. – Библиогр.: с. 147.

5. Планетарные передачи [Текст] : справочник / под ред. В. Н. Кудрявцева, Ю. Н. Кирдяшева. - Л. : Машиностроение, 1977. - 536 с. : ил. - Библиогр.: с. 522-525. - Предм. указ.: с. 526-532.

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЫЛЕНИЕМ

Рудницкий А.В., Репях В.С., канд. техн. наук, доцент,
Карабажак Т.Б., Шамсутдинова Е.И.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Газотермические способы напыления представляют собой нагрев или плавление напыляемого материала с его ускорением при помощи потока газа. Они предназначены для создания покрытия с мелкодисперсной фазой. На поверхность изделия, которое мы восстанавливаем, напыляется материал в виде мелких расплавленных частиц. Эти частицы, ударяясь, претерпевают пластическую деформацию и таким образом закрепляются на поверхности подложки. Так получают покрытия с различными физическими и механическими свойствами, которые зависят в, первую очередь, от напыляемого материала.

Существует несколько способов восстановления деталей напылением. К ним относят газопламенное напыление, электродуговая металлизация, высокочастотное напыление, плазменное напыление [1].

Газопламенное напыление часто применяется при ремонте двигателей внутреннего сгорания. Этим методом восстанавливают шейки валов.

При газопламенном напылении плавление материала (порошок, проволока, пруток) осуществляется сгоранием кислорода и газа. Распыляют полученную смесь под давлением 0,7 МПа. Зависимость прочности сцепления порошка с поверхностью от толщины слоя покрытия представлена на рисунке 1.

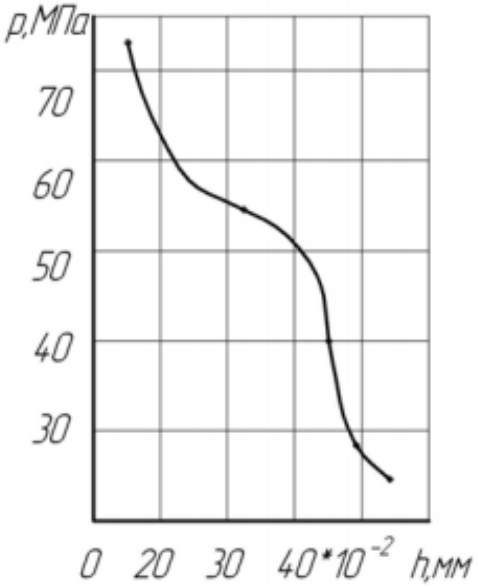
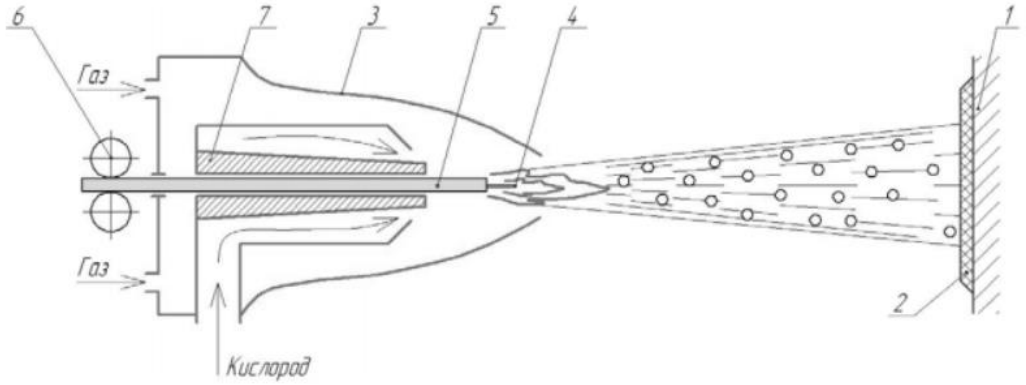


Рисунок 1 – График зависимости прочности сцепления p с основным металлом от толщины h слоя покрытия

Сжатый воздух должен быть чистый. Для этого его очищают от различных примесей. В составе не должно быть влаги, масла. Реализуется это применением различных фильтров, осушителей.

На рисунке 2 представлена схема газопламенного напыления.

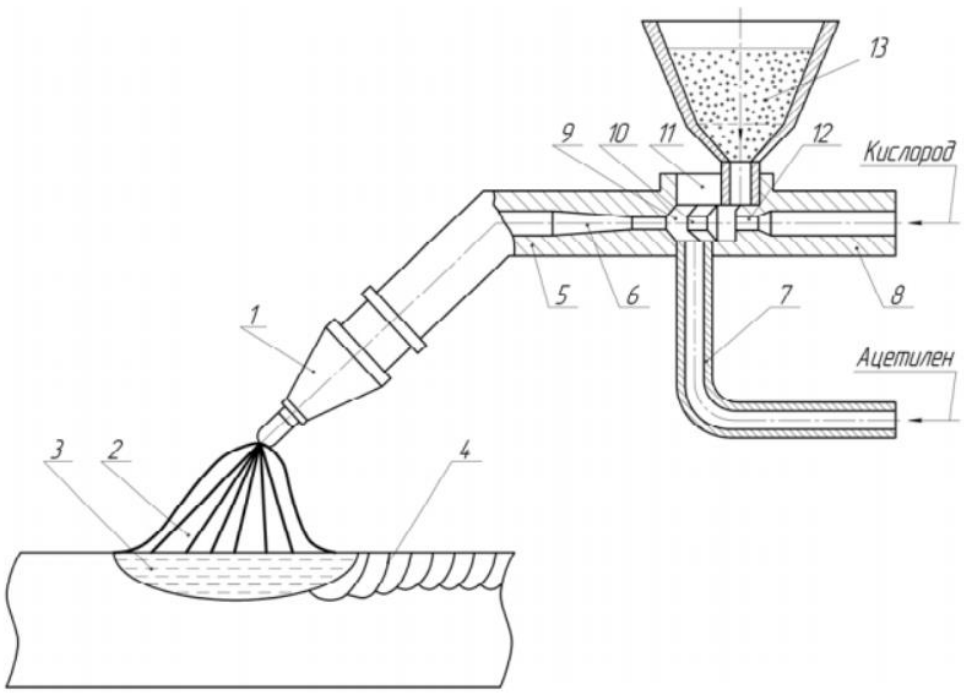


1 – восстанавливаемая деталь; 2 – покрытие; 3 – сопло горелки; 4 – пламя; 5 – присадочная проволока; 6 – механизм подачи проволоки; 7 – скользящий контакт

Рисунок 2 – Схема газопламенного напыления

Напыление порошковым материалом осуществляется горелкой для газопорошкового напыления. Их крепят на станок. Конструктивные особенности этой горелки аналогичны конструкциям других горелок, применяемых в сварке, наплавке. Устройство сварочной горелки представлено на рисунке 3. Существенное отличие заключается в том, что у них разный принцип работы и в горелке для сварки и наплавки отсутствует контейнер для порошка. Принцип действия в следующем: порошок из контейнера через клапан всасывается сопло. Реализуется это эффектом, который создается кислородом и газом. Частицы порошка приходят в движение, приобретая значительные скорости. Вылетая из сопла, порошок попадает в пламя. При этом он становится вязкотекучим. Частицы порошка, имеющие высокую скорость, попадают на поверхность детали, образуя прочное покрытие. При этом поверхность должна быть подготовлена перед напылением. [2].

Иногда необходимо оплавлять поверхность детали после напыления горелкой. Делается это для улучшения сцепления напыляемого порошка с поверхностью обрабатываемой детали. Также эта операция уменьшает возникновение таких дефектов как пористость, и улучшает сцепление между частицами получаемого покрытия. Но не для всех материалов это подходит. В основном данную операцию применяют для самофлюсующихся сплавов. Обработка, выполненная таким образом, позволяет улучшить механические свойства покрытия, такие как прочность, износостойкость, теплостойкость. Нанесение покрытия газопламенным напылением с оплавлением позволяет восстанавливать детали с высоким износом более 2 мм.



1 – мундштук; 2 – пламя; 3 – сварочная ванна; 4 – наплавленный слой; 5 – трубка; 6 – канал; 7 – ацетиленовая трубка; 8 – кислородная трубка; 9 – камера смешивания; 10, 12 – инжекторы; 11 – смесительная камера; 13 – порошок

Рисунок 3 – Устройство сварочной горелки

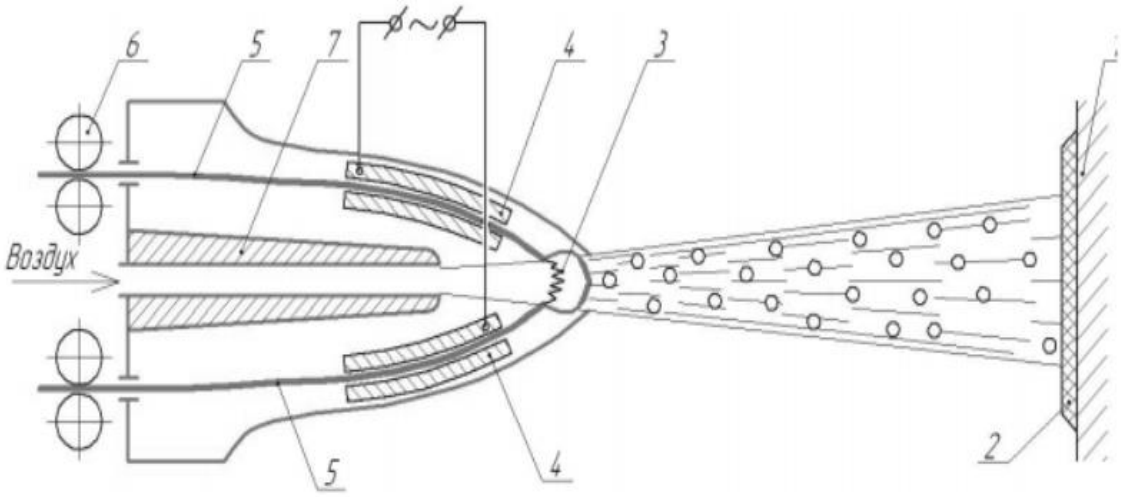
Электродуговая металлизация – это нагрев проволок в специальном распылителе до их расплавления. Нагрев осуществляется электрической дугой. Капли металла, полученные при расплавлении, попадают на поверхность детали при их сдувании потоком газа, образуя при этом покрытие. Для реализации метода используется источник постоянного тока.

К особенностям электродуговой металлизации относят довольно низкую температуру струи.

КПД данного процесса имеет одно из самых высоких значений по сравнению с остальными методами напыления, приблизительно 0,80-0,95.

В настоящее время все чаще применяют совмещенные процессы электродуговой металлизации и газопламенного напыления. В данном совмещенном процессе в качестве распыляющего газа используются продукты сгорания, образующиеся в процессе горения каких-либо легковоспламеняющихся природных газов, например, пропана. Процесс получил название «Combustion Arc». С его помощью покрытия становятся более плотными и коррозионностойкими.

Схема электродуговой металлизации представлена на рисунке 4.



1 – восстанавливаемая деталь; 2 – покрытие; 3 – электрическая дуга; 4 - пламя; 5 – присадочная проволока; 6 – механизм подачи проволоки; 7 – скользящий контакт

Рисунок 4 – Схема электродуговой металлизации

Принцип работы распылительной головки для высокочастотного напыления заключается в индукционном нагреве. Головка состоит из трансформатора, в котором первичная обмотка (индуктор 4) охватывает вкладыш 3, являющийся вторичной обмоткой этого трансформатора. Магнитный поток индуктора концентрируется в центральной части вкладыша, отверстие в котором называют гребнем концентратора. В данное отверстие подается распыляемая проволока 6. Поверхность проволоки расплавляется на небольшую глубину. Вдоль проволоки подается распыляющий газ 5. Поток распыляемых частиц 2 получают сдвигом расплавленного металла с поверхности проволоки и его диспергированием распыляющей средой [2].

По сравнению с электродуговой металлизацией распылительная головка для высокочастотного напыления дает более узкую струю. Также высокочастотная металлизация обладает более высоким коэффициентом использования металла (КИМ).

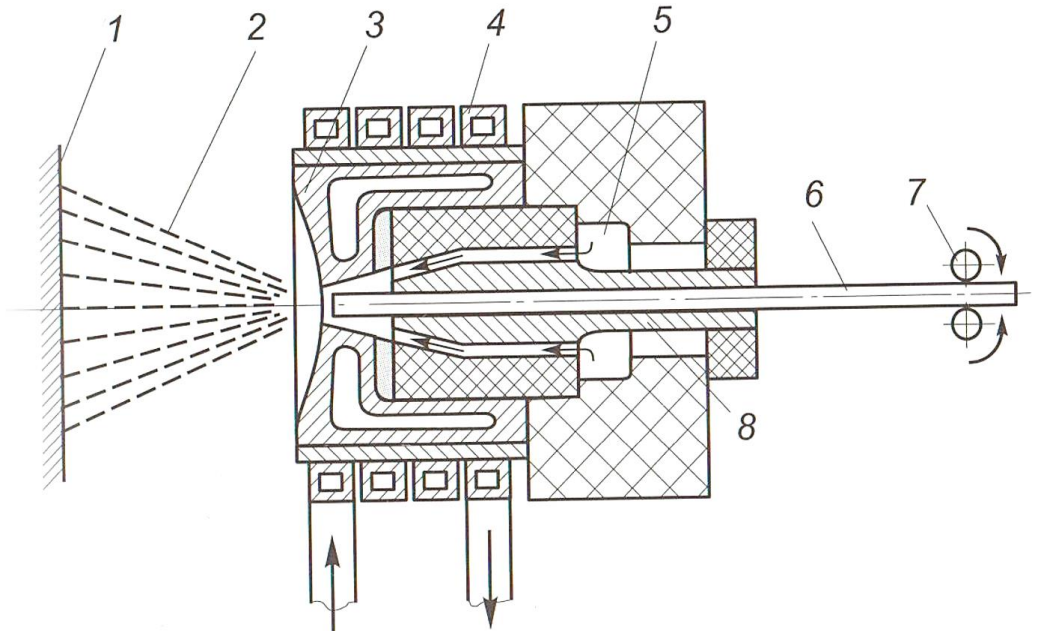
Недостатками метода являются:

– маленький выбор материалов проволоки (используют только углеродистую сталь);

– оборудование имеет большие размеры;

– довольно низкий КПД.

Схема высокочастотного проволочного распылителя представлена на рисунке 5.

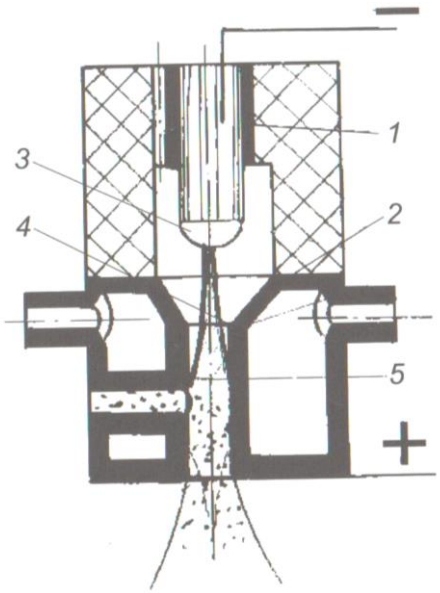


1 – подложка; 2 – газопылевой поток; 3 – вкладыш (концетратор); 4 – индуктор; 5 – распыляющий газ; 6 – проволока; 7 – механизм подачи; 8 – направляющая трубка

Рисунок 5 - Схема высокочастотного проволочного распылителя

Плазменный распылитель состоит из катодного 1 и анодного 2 узлов. Между катодом 3 и анодом 4 возбуждается электрическая дуга 5 [3].

Схема плазменного распылителя представлена на рисунке 6.



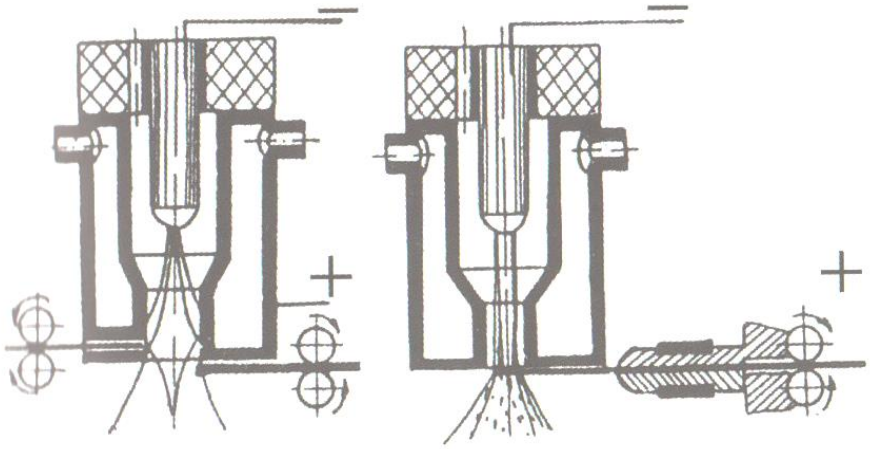
1 – катодный узел; 2 – анодный узел; 3 – катод; 4 – анод; 5 – анодное пятно

Рисунок 6 – Схема плазменного распылителя

Дуга в сопле анода отжимается газовым потоком от стенок охлаждаемого сопла, что увеличивает плотность ее энергии и повышает температуру столба дуги.

Плазмотроны постоянного тока бывают с самоустанавливающейся и фиксированной длиной дуги.

На рисунке 7 представлены схемы пруткового и проволочного плазменных распылителей.



а) (б)

а – прутковый; б – проволочный

Рисунок 7 – Схемы плазменных распылителей

В настоящее время разработаны установки мощностью 160 – 200 кВт. Эти установки работают на водороде, воде, пропане, воздухе.

Были разработаны специальные сопла, которые позволяют получать течение струи со скоростью сверхзвука. Это позволяет получать покрытие, которое по плотности превышает многие другие, полученные различными газотермическими методами.

Плазменные распылители повышенной мощности имели недостаток – у них сильно изнашивалось сопло. Это было вызвано тем, что у медного сопла в зоне анодного пятна была низкая эрозионная стойкость. Чтобы это исправить были разработаны и успешно использованы вставки из вольфрама. Их запрессовывали в медное сопло так, чтобы теплота, которая возникала в зоне анодного пятна, отводилась медью. Фирма Plasma-Technik AG реализовала это. Была создана конструкция F-4 [3]. Ее внешний вид представлен на рисунке 8.

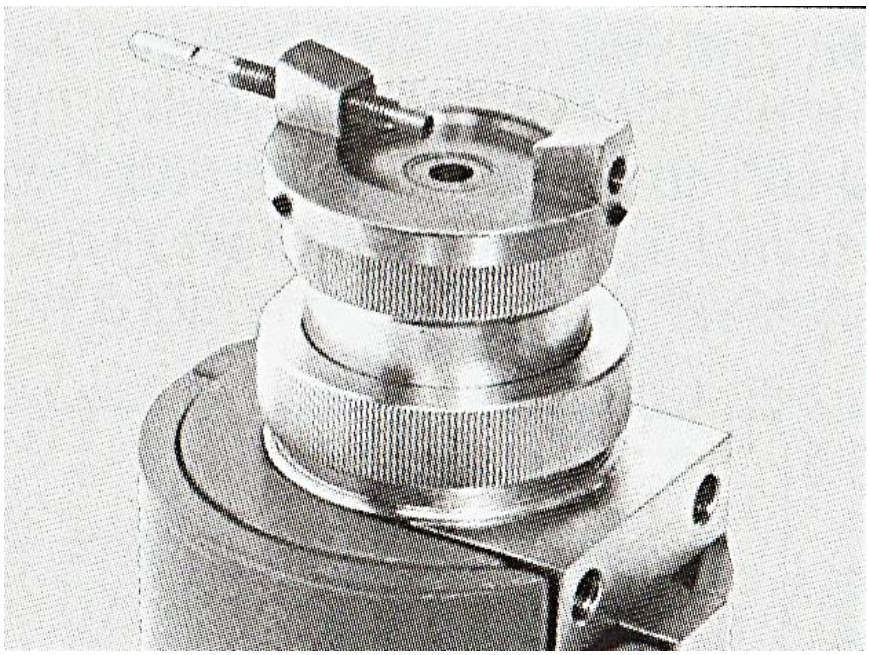


Рисунок 8 – Внешний вид распылителя F-4

Список литературы

1. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб: Изд-во Политехн, ун-та, 2013. 406 с.: ил.

2. Балдаев, Лев Христофорович. Реновация и упрочнение деталей машин методами газотермического напыления / Л. Х. Балдаев. - Москва : КХТ, 2004 (ООО Тест-объект). - 134 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-9900345-1-2 (в обл.);

3. Бекренев, Н.В. Высокоэффективные процессы обработки материалов и нанесения покрытий концентрированными потоками энергии (теоретические основы) : учеб. пособие : в 2 ч. / Н.В. Бекренев, А.В. Лясникова, Д.В. Трофимов ; под ред. В.Н. Лясникова. – Саратов: Саратовский гос. техн. ун-т, 2004. – Ч. 2. – 117 с.

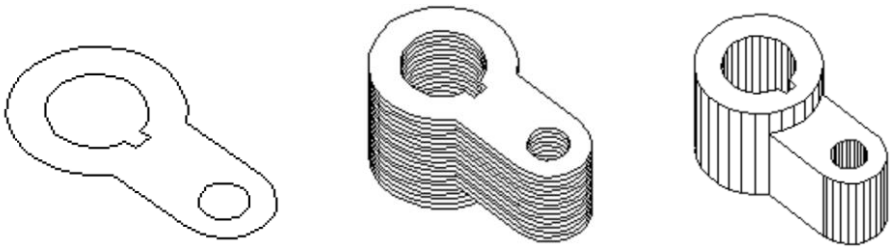
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Сагдеев Н.Р., Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, доцент,
Ампилогов И.А., Кориков И.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Аддитивные технологии нашли своё применение в авиастроении, автомобилестроении и машиностроении, где требуются детали сложной геометрической формы и множество экспериментальных деталей.

Аддитивные технологии играют важную роль в создании объёмных деталей. В отличие от литья, прессования или обработки на станках, аддитивные технологии позволяют создавать детали не только объёмные, но и сложных форм с большой точностью, после которых дальнейшая механическая обработка не требуется. Основное применение таких технологией является 3D печать, для аэрокосмической промышленности. Полученные изделия имеют маленький вес.

В настоящее время на рынке существует множество аддитивных систем, которые работают по схожему принципу. Сначала идёт считывания трёхмерной геометрии из компьютерной системы CAD. Далее идёт разбивание геометрии на горизонтальные сечения – слои. После этих операций идёт построение сечений детали, которые накладывается слой на слой, до тех пор, пока не будет построена физическая модель [1]. Принцип работы показан на рисунке 1.



а) б) в)

а – начальный этап б – промежуточный этап в – конечный этап (готовая модель)

Рисунок 1 – Принцип построения физической модели

Основной метод изготовления литьем по выжигаемым стереолитографическим моделям. Для создания деталей из металла был разработан стиль построения деталей названый «Quick Cast». Этот стиль исключает необходимость использовать дорогостоящих и трудоёмких относок. На рисунке 2 представлена схема технологического процесса литья по выжигаемым моделям.

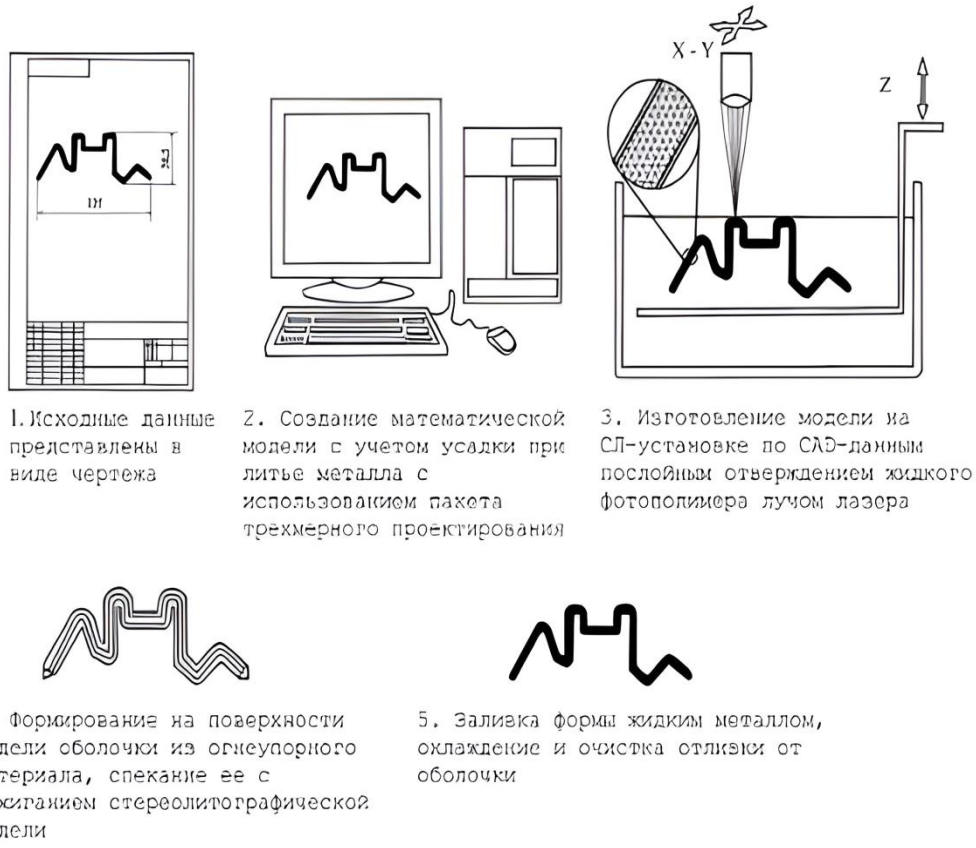


Рисунок 2 – Схема технологического процесса литья по выжигаемым моделям

Основными преимуществами данного процесса является:

− возможность точного литья металла по выжигаемым моделям, полученным без какой-либо оснастки;

− значительная экономия времени, отсутствует этап изготовления оснастки;

− значительная экономия средств, исключены затраты на оснастку;

− возможность проведения функциональных испытаний на отливках из необходимого металла [2].

Для создания деталей используют стереолитографические аппараты, известные как SLA-принтер. Первая стереографическая система была выпущена ещё в 1987 году, показана на рисунке 3, но нашли применения в наше время. SLA-принтер позволяет выявить изъян на ранних стадиях разработки, что позволяет с экономить время и уменьшить трудовой ресурс.

Рисунок 3 – Стереолитограф

В наше время аддитивные технологии развиваются, но ещё пока раскрыты не все преимущества. В аэрокосмической отрасли аддитивные технологии используются для производства легких и прочных деталей самолетов и ракет.

Однако, несмотря на все преимущества, аддитивные технологии все еще сталкиваются с некоторыми проблемами, такими как высокая стоимость оборудования и материалов, ограниченная доступность специалистов и необходимость регулирования со стороны государственных органов.

Тем не менее, ожидается, что в ближайшие годы аддитивные технологии продолжат развиваться и станут еще более распространенными в различных отраслях. Это позволит создавать более эффективные и инновационные продукты и решения, которые будут способствовать экономическому росту и улучшению качества жизни людей [3].

Список литературы

1 Валетов, В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие / В.А. Валетов. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

2 Баннинг, Г. Программируемый мир. В МИРЕ НАУКИ / Г. Баннинг, Т. Кемпбелл, С. Тиббитс. – 2015. – 75 с.

3 Валетов, В.А. Новые технологии в приборостроении: учеб. Пособие / В.А. Валетов, С.В. Бобцова. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. – 120 с.

УПРОЧНЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ Т14К8 МЕТОДАМИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Свиденко Е.В., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Физико-химический метод осаждения покрытий использует различные химические реакции или физико-химические процессы для формирования покрытия на поверхности инструмента. Один из таких методов - химическое осаждение, при котором покрытие формируется путем химической реакции между поверхностью инструмента и химическими веществами, содержащими нужные элементы покрытия. Этот метод позволяет получать тонкие покрытия с высокой степенью равномерности и контролируемыми свойствами. Физический метод осаждения покрытий основан на использовании различных физических процессов, таких как физическая конденсация, ионная бомбардировка, магнетронное распыление и другие. В этих методах покрытие формируется путем осаждения атомов или ионов на поверхность инструмента под воздействием физических сил. Физические методы обладают большей гибкостью в выборе материалов покрытия и обеспечивают более высокую плотность и структурную однородность покрытия.

Повышение свойств инструмента для металлообработки с помощью покрытий может привести к значительному увеличению его стойкости к износу, повышению твердости, снижению трения и улучшению теплопроводности. Это позволяет сократить время и затраты на замену и обслуживание инструмента, а также повысить качество обработки и точность размеров изделий.

В результате проведенных опытов было установлено, что термодиффузионное насыщение поверхности твердосплавных пластин в составе, содержащем 48,5% буферного вещества (A12O3), 50% легирующих элементов и 1,5% (NH4C1), при температуре 1150°С приводит к улучшению их физико-механических свойств. Этот метод позволяет создавать тонкий слой поверхности с повышенной твердостью, стойкостью к износу и прочностью. Термодиффузионное насыщение способствует улучшению адгезии между пластиной и покрытием, что приводит к повышению ее сцепления и стабильности. Таким образом, проведенные опыты демонстрируют эффективность метода термодиффузионного насыщения для подготовки поверхности твердосплавных пластин с одновременным улучшением их физико-механических свойств [1-5].

Для проведения опытов были изготовлены 6 контейнеров из высоколегированной стали, брались 10 образцов и укладывались в контейнер. Температура нагрева от 1100 ˚С – 1150 ˚С. Время насыщения 120 минут. Скорость нагрева в электропечи «СУОЛ-044 12-М2-У42» 600 град/ч. Вместе с печью производилось остывание [6-8]. Внешний вид образцов из твердого сплава марки Т14К6 представлен на рисунке 1.

Результаты механических испытаний в условиях термодиффузионного

насыщения представлены в таблице 1.

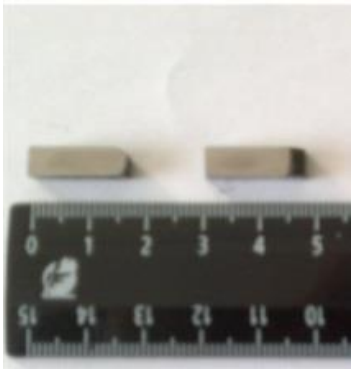


Рисунок 1 – Внешний вид образцов твердого сплава марки Т14К8

Далее были проведены испытания на микротвердость твердого сплава Т14К8 после нанесения покрытий. Испытания производились на микротвердомере ПМТ-3М, внешний вид микротвердомера представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 – Внешний вид микротвердомера ПМТ- 3М

Были произведены пять замеров микротвердости, далее высчитывалось среднее значение микротвердости, результаты испытаний представлены в таблице 1.

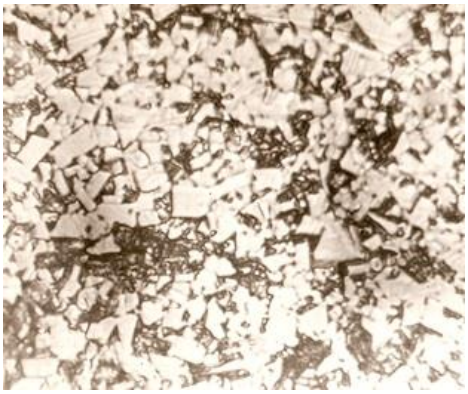
Таблица 1– Результаты микротвердости твердого сплава марки Т14К8 после термодиффузионного насыщения (нагрузка 100 гр.)

Опыт №	Замеры микротвердости H_μ, $Н/мм^2$					Среднее значение H_μ, $Н/мм^2$
	1	2	3	4	5	
1	1315	1315	1465	1465	1387	1389
2	1743	1643	1854	1743	1854	1767
3	1642	1743	1642	1642	1550	1644
4	1642	1743	1550	1743	1743	1684
5	1743	1642	1743	1550	1743	1684
6	1642	1743	1854	1642	1642	1705

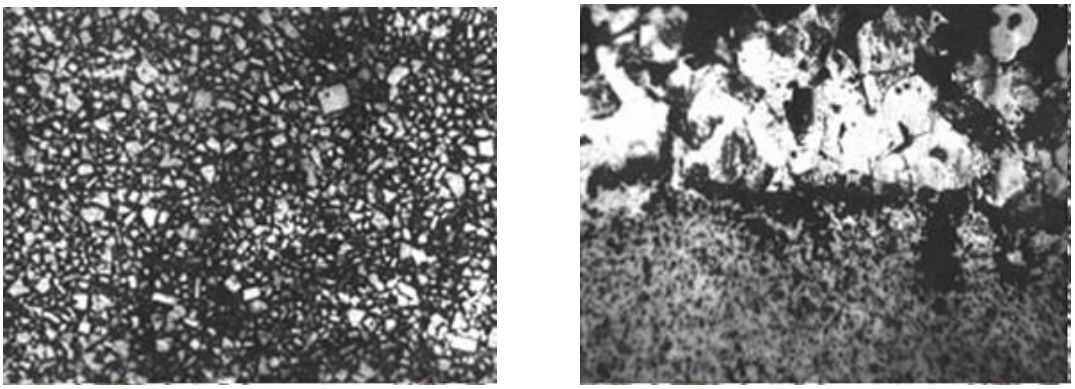
Из анализа таблицы видно, что микротвердость образцов твердого сплава марки Т14К80 после термодиффузионного насыщения возросла в 1,5 раза по сравнению с исходным образцом.

Далее был проведен микроструктурный анализ образцов, он проводился на металлографическом микроскопе микровизоре μVIZO, внешний вид микроскопа представлен на рисунке 3. Микроструктуры представлены на рисунке 4.

Рисунок 3 – Внешний вид металлографического микроскопа μVIZO



а



б в

Рисунок 4 – Микроструктура твердого сплава Т14К8 после термодиффузионного насыщения
а – исходный образец твердого сплава Т14К8; б – микроструктура твердого сплава Т14К8 после термодиффузионного насыщения; в – край твердого сплава Т14К8 после термодиффузионного насыщения

Анализ микроструктур позволяет сделать вывод, что режимы насыщения не позволили в данном количестве и на большую глубину диффундировать насыщаемым элементам. Нагрев твердых сплавов для улучшения процесса диффузии выше применяемой температуры неприемлем, так как происходит разупрочнение твердого сплава. Увеличивать время процесса нецелесообразно с экономической точки зрения.

Таким образом, для улучшения физико-механических характеристик твердых сплавов перед напылением наиболее предпочтительнее термоциклическая обработка по четвертому режиму, когда прочность твердого сплава увеличивается почти в два раза, с уменьшением шероховатости с Ra = 0,142 мкм до Ra = 0,028 мкм.

Список литературы

1. Панов В. С., Чувилин А.М. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.
2. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 247 с.
3. Богодухов С.И. Материаловедение. М.: Старый Оскол, 2021. –536 с.
4. Пат. 2509173 РФ. Способ обработки твердосплавного инструмента / Соколов А. Г.; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.03.2014.
5. Kim C.S., Massa T.P., Rohrer G.S. Modeling the relationship between Microstructural features and the Strengh of WC-Co Composites // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2020. V.24 (1) P. 89–100.
6. Слесарчук В.А. Материаловедение и технология материалов. – Минск.: РИПО, 2019. –391 с.
7. Guo Zhixing., Xiong Ji., Yang Mei., Jiang Cijin. WC–TiC–Ni cemented carbide with enhanced properties // J. Alloys and Compnd. 2020. Vol. 465. No. 1-2. P.

157–162.
8. Gurland J. The Fracture Strength of Sintered WC-Co Alloys in Relation to Composition and particle Spacing // Trans. Met.Soc. AIME. 1963. Vol. 227. No. 1 P. 28–43.

ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА Т15К6

Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Углов В.В., Григорьев Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В данной работе проводилось исследование ионного азотирования. Ионное азотирование было проведено в следующей последовательности.

Образцы протирали ацетоном с помощью безворсной салфетки, производили сушку на воздухе 15 минут. Измеряли натекание течеискателем ПТИ-10 при включенном газовом блоке перед началом работы вакуумной печи НГВ 6/6-1. После собирали термопарный узел и укрепляли его на контрольном образце, температура диссоциатора составила 860±10˚С. [1-4].

Среда в камере была следующая: аммиак диссоциированный, давление – 4-6 мм рт. ст. Садку охлаждали, не снимая разряд, до 230˚С в течение 1 часа, затем отключили подачу газа. Провели вакуумирование камеры нагрева до 667,5 Па. Охладили детали в вакууме до t≤30- 40˚С (1 – 4 ч). Разгерметизировали печь, выгрузили образцы. Ориентировочно время цикла (без выдержки) – 4 часа. Ионное азотирование было проведено при температуре 800°С продолжительность - 1, 2, 4 и 8 часов. Схема ионного азотирования представлена на рисунке 1.

Размещали образцы в печи на столе, продували печь аммиаком, загерметизировали, остаточное давление 4×10-2 мм рт. ст, чтобы очистить деталь подавали напряжение 300-500 В, вызывающее тлеющий разряд. Постепенно (по мере очистки) увеличили напряжение до 600 В.

Время очистки составило 1-1,5 часа. Нагревали до температуры изотермической выдержки в течение 1,5 часа, увеличивая напряжение и давление газа постепенно.

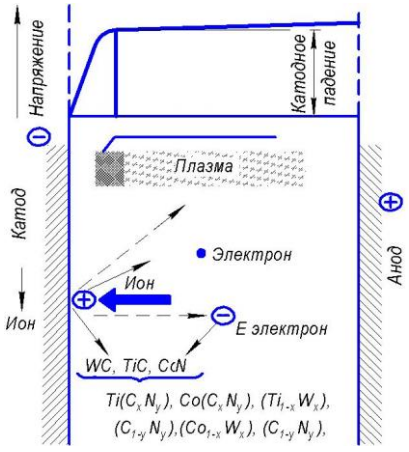


Рисунок 1 – Схема ионного азотирования

В качестве исходных образцов, были использованы трехгранные сменные неперетачиваемые пластины твердого сплава марки Т15К6, внешний вид пластин

представлен на рисунке 2.

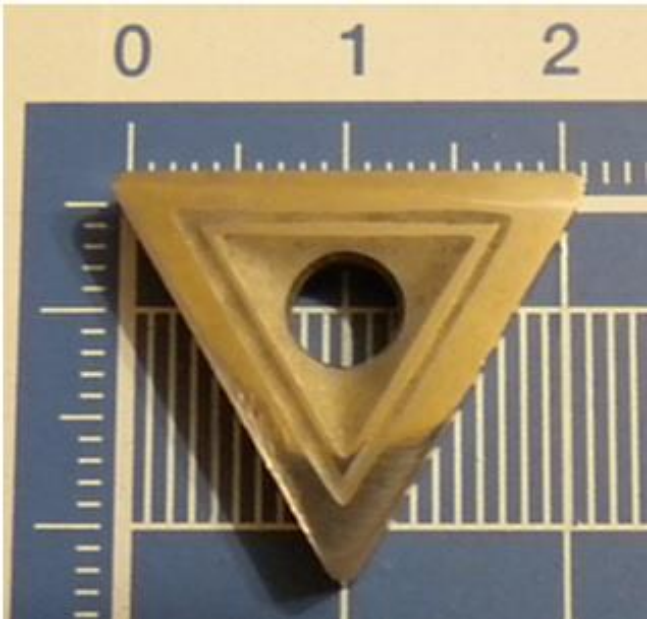


Рисунок 2 – Внешний вид трехгранной сменной неперетачиваемой пластины марки Т15К6

После ионного азотирования, были проведены испытания на резание. Испытания осуществлялись на токарно-винторезном станке 16К20 при поперечном точении заготовки из стали пять при вращении частоты шпинделя 530 мин-¹, подаче 0,3 мм/об, глубина резания составляла 1,5 мм [5-8]. Крепление образцов к державке представлено на рисунке 3.

Рисунок 3 – Прикрепление пластины твердого сплава

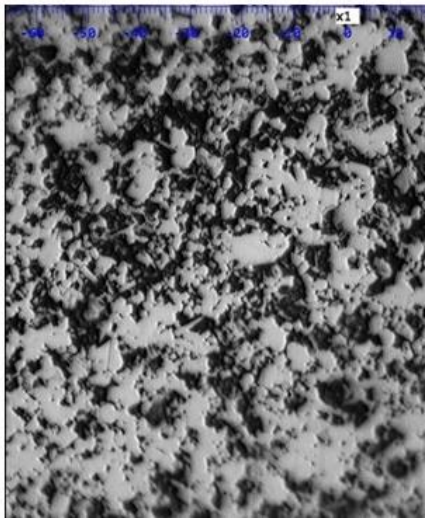
Результаты испытаний на износ представлены в таблице 1.

Таблица 1– Результаты испытаний на износ твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования.

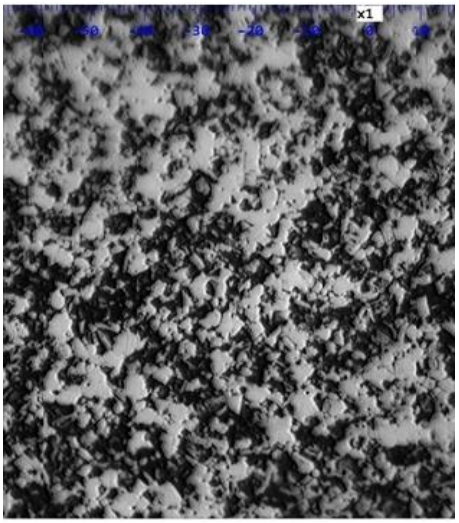
Режим	Число проходов	Износ по передней поверхности ($h_{зп}$)	Износ по задней поверхности ($h_{пп}$)
Исходный образец	5	0,14	0,16
800°С/1 час	5	0,1	0,16
800°С/2 часа	5	0,08	0,12
800°С/4 часа	5	0,06	0,1
800°С/8 часов	5	0,06	0,08

Из таблицы видно, что износ при резании после ионного азотирования уменьшается по сравнению с исходным в 1,5 раза. Наилучший режим при резании получен при температуре ионного азотирования 800 °С, длительности 8 часов.

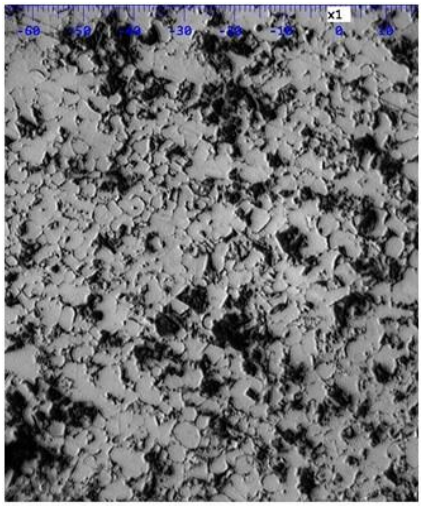
Была исследована микроструктура после ионного азотирования твердого сплава марки Т15К6 на микроскопе μVizo-MET-221 при увеличениях 1000. Микраструктуры представлены на рисунке 4.



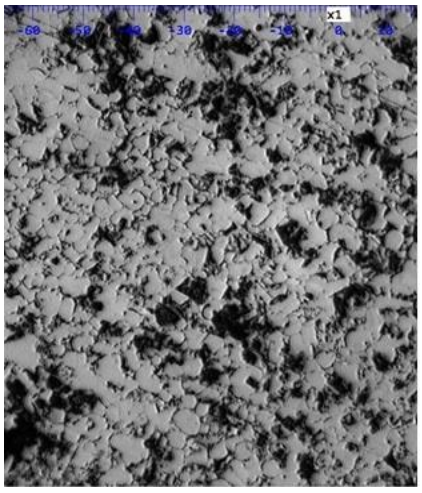
а



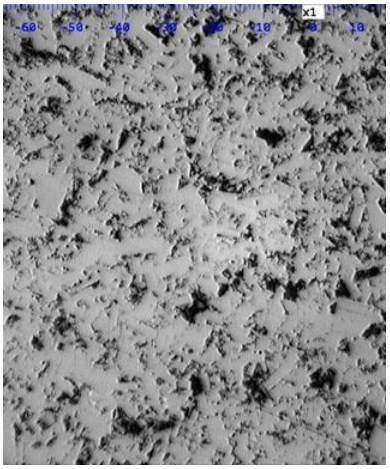
б



в



г



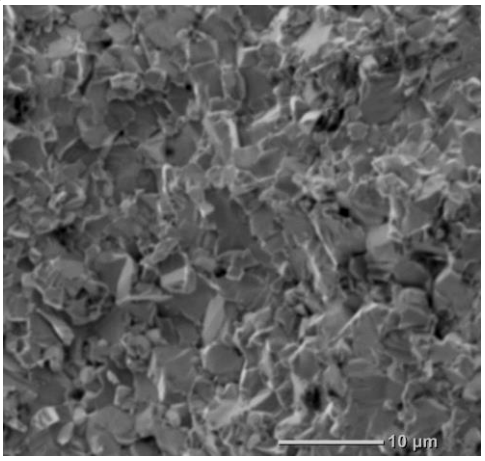
г

Рисунок 4 – Микроструктура твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования

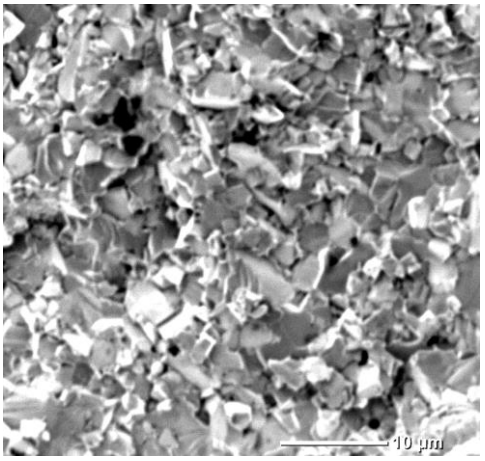
а – исходный образец твердого сплава Т15К6; б – микроструктура твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/1 час; в – микроструктура твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/2 часа; г – микроструктура твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/4 часа; д – микроструктура твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/8 часа

Из анализа микроструктуры видно изменение структуры и увеличение карбидных включений.

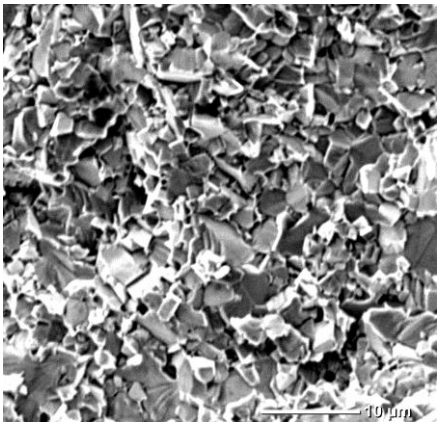
Далее было проведено исследование излома твердого сплава марки Т15К6 на электронном микроскопе при увеличении 2000, результаты представлены на рисунке 5. Также были проведены замеры толщины азотированного слоя (рисунок 6).



а

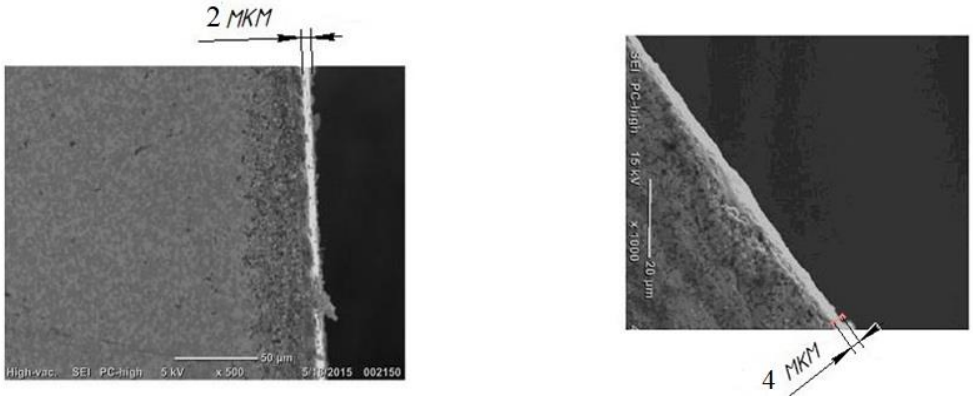


б



в

Рисунок 5 – Излом твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования
а – исходный образец твердого сплава Т15К6; б – излом твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/1 час; в – излом твердого сплава Т15К6 после ионного азотирования 800°С/8 часов

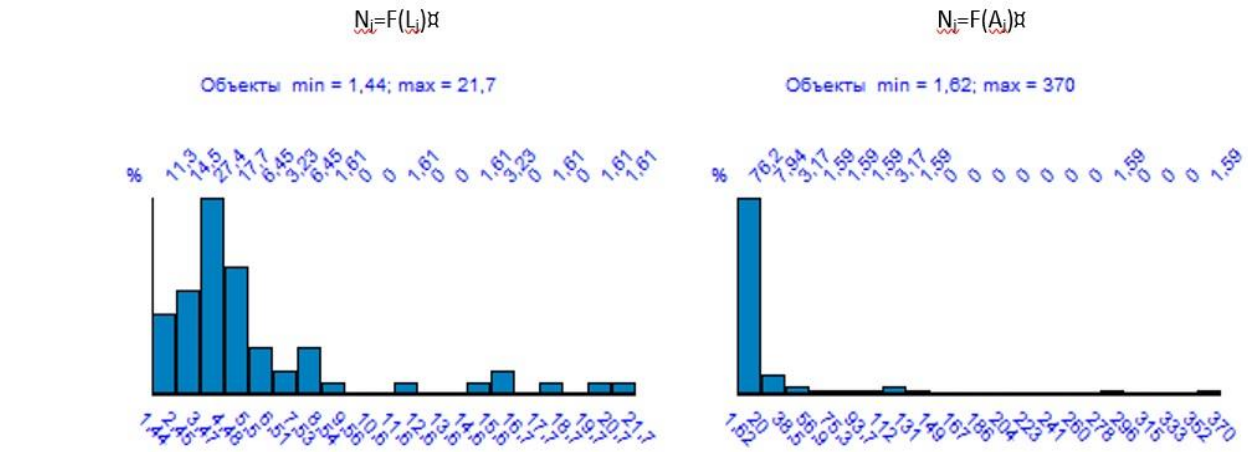


а б

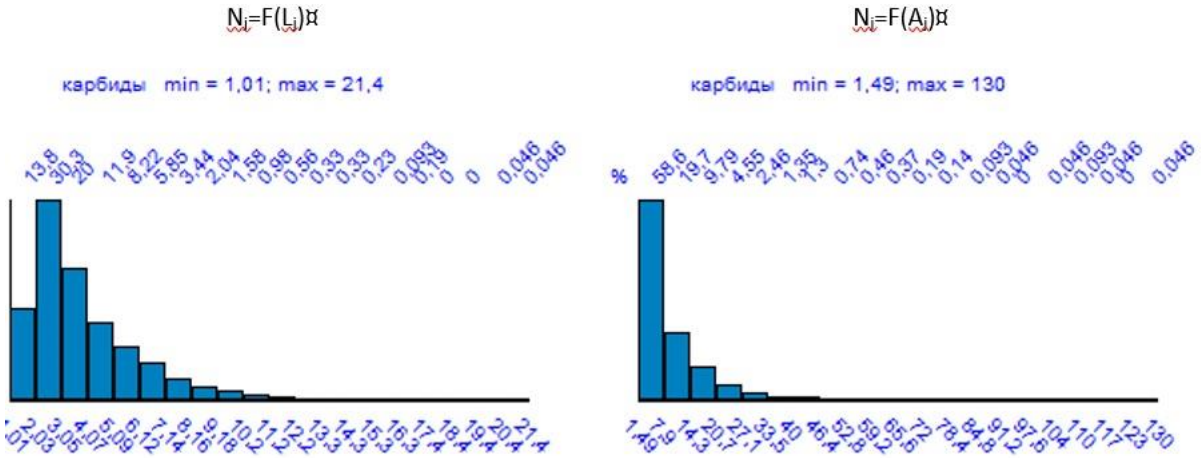
Рисунок 6 – Толщина слоя ионного азотирования твердого сплава Т15К6
а – 800°С/1 час; в – 800°С/4 часа

Чем дольше длительность ионного азотирования, тем больше толщина слоя.

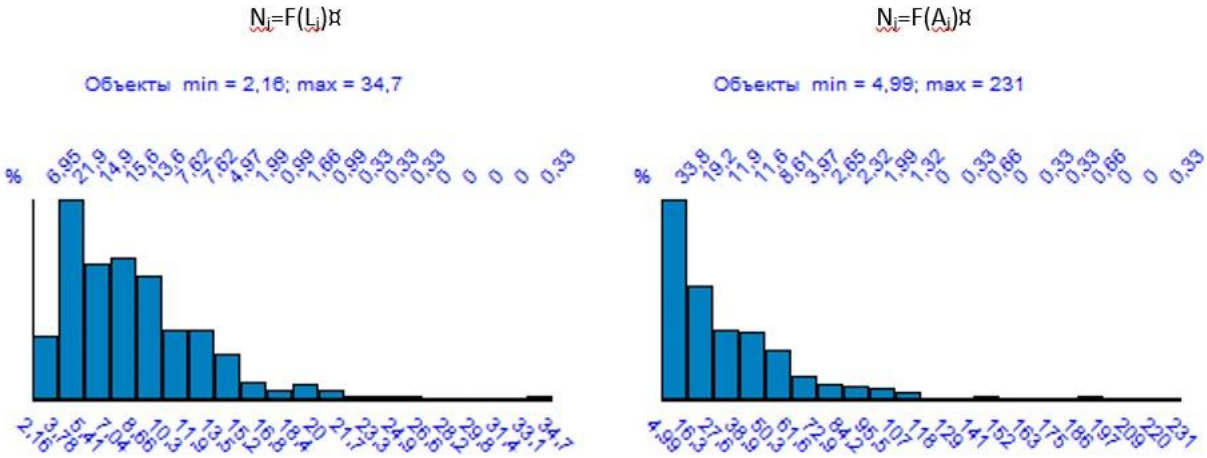
Были проведены замеры карбидных включений исходного образца и после ионного азотирования, результаты представлены в виде гистограмм на рисунке 7.



а



б



в

Рисунок 7 – Замеры включений карбидов а – исходный; б – 800°С/1 час; в – 800°С/8 часа

Список литературы

1. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 247 с.

2. Панов В. С., Чувилин А.М. Технология и свойства спеченных твер-

дых сплавов и изделий из них. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.

3. Пат. 2509173 РФ. Способ обработки твердосплавного инструмента / Соколов А. Г.; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.03.2014.

4. Слесарчук В.А. Материаловедение и технология материалов. – Минск.: РИПО, 2019. –391 с.

5. Guo Zhixing., Xiong Ji., Yang Mei., Jiang Cijin. WC–TiC–Ni cemented carbide with enhanced properties // J. Alloys and Compnd. 2020. Vol. 465. No. 1-2. P. 157–162.

6. Богодухов С.И. Материаловедение. М.: Старый Оскол, 2021. –536 с.

7. Панов, В. С. Научные положения регулирования свойств спеченных твердых сплавов / В.С. Панов, В.К. Нарва. // Известия вузов. Цветная металлургия – 2004. – №6. – С. 25-29.

8. Gurland J. The Fracture Strength of Sintered WC-Co Alloys in Relation to Composition and particle Spacing // Trans. Met.Soc. AIME. 1963. Vol. 227. No. 1 P. 28–43.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ ВК10

Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Углов В.В., Григорьев Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Существует множество способов повышения эксплуатационных свойств твердых сплавов, они описаны в многочисленных работах.

В данной работе остановимся на изучение лазерного воздействия на микроструктуру и свойства твердого сплава ВК10. Лазерная обработка является прогрессивным методом повышения эксплуатационных свойств твердого сплава, она способствует улучшению его свойств: таких как твердость, износостойкость, ударная вязкость, красностойкость и т.д. В результате лазерной обработки в микроструктуре наблюдаются различные фазовые и структурные превращения [1-5].

В данной работе исследовано влияние лазерной обработки на износостойкость и микроструктуру твердого сплава ВК10 [6-11]. Физико-механические свойства твердого сплава ВК10 представлены в таблице 1. Лазерную обработку проводили на установке ЛК-3015-ЛС-07. Внешний вид квадратных пластин после лазерной обработки представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства твердого сплава марки ВК10

Марка твердого сплава	Состав, %			HRA
ВК10	Co	WC	TaC	
	10	90	-	87,0

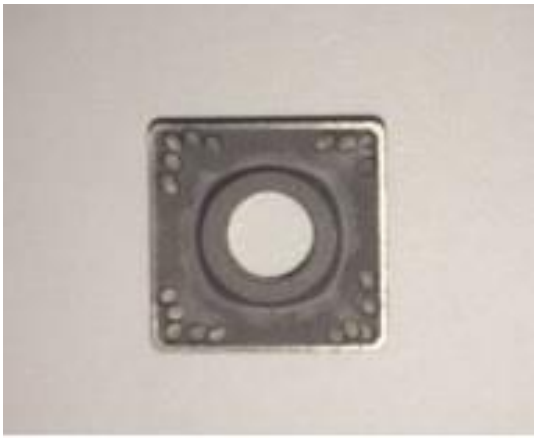
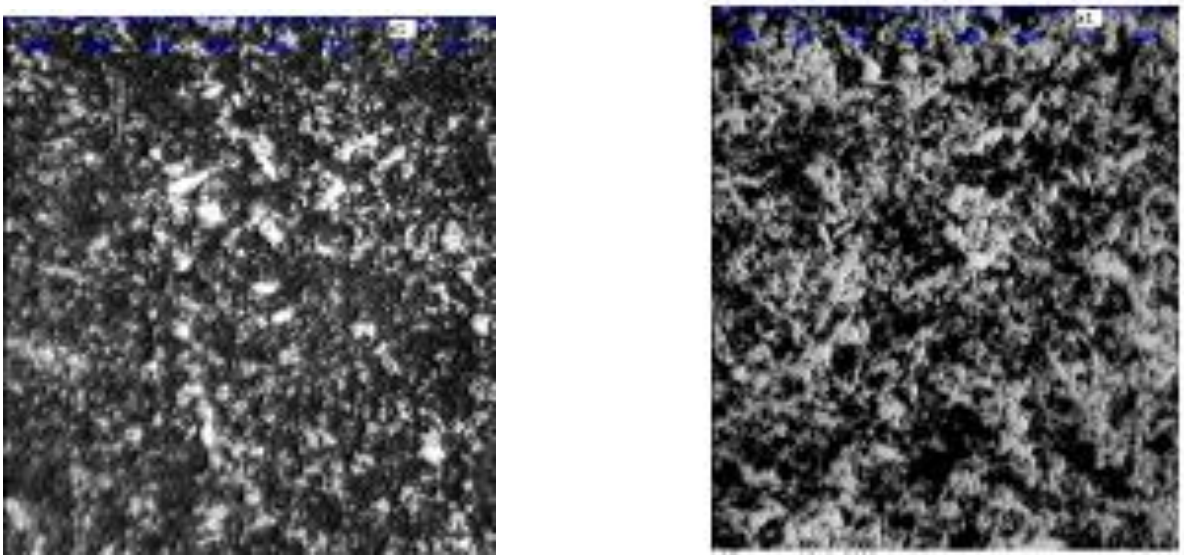


Рисунок 1 – Пластина ВК10 после лазерного воздействия

Микроструктура твердого сплава ВК10 после лазерной обработки была исследована на микроскопе μVIZO. Микроструктуры представлены на рисунке 2,

при увеличении 1000.



а б

Рисунок 2 – Микроструктура твердого сплава ВК10 после лазерной обработки
а – исходный образец твердого сплава ВК10; б – микроструктура твердого сплава ВК10 после лазерной обработки

В результате лазерной обработки наблюдается изменение микроструктуры и увеличение карбидных включений.

На электронном микроскопе JEOL JCM-6000, внешний вид микроскопа представлен на рисунке 3, был исследован химический состав твердого сплава марки ВК10, после лазерного воздействия.

Рисунок 3 – Внешний вид микроскопа JEOL JCM-6000

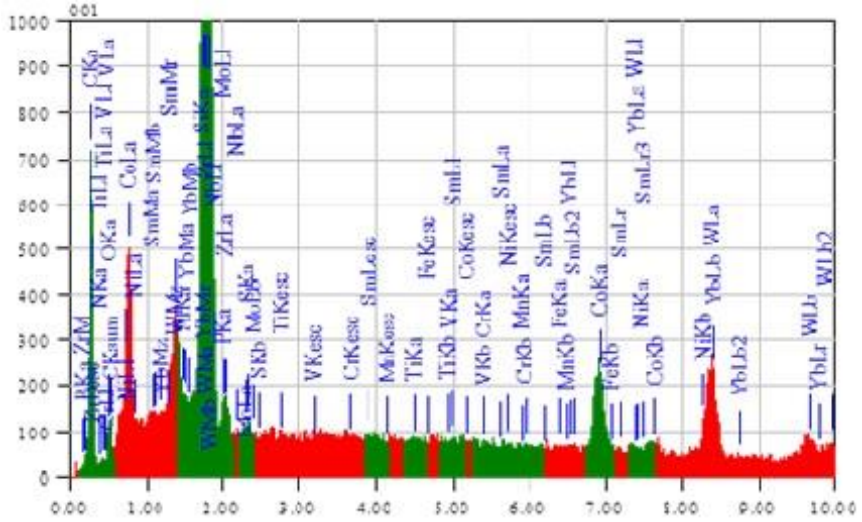
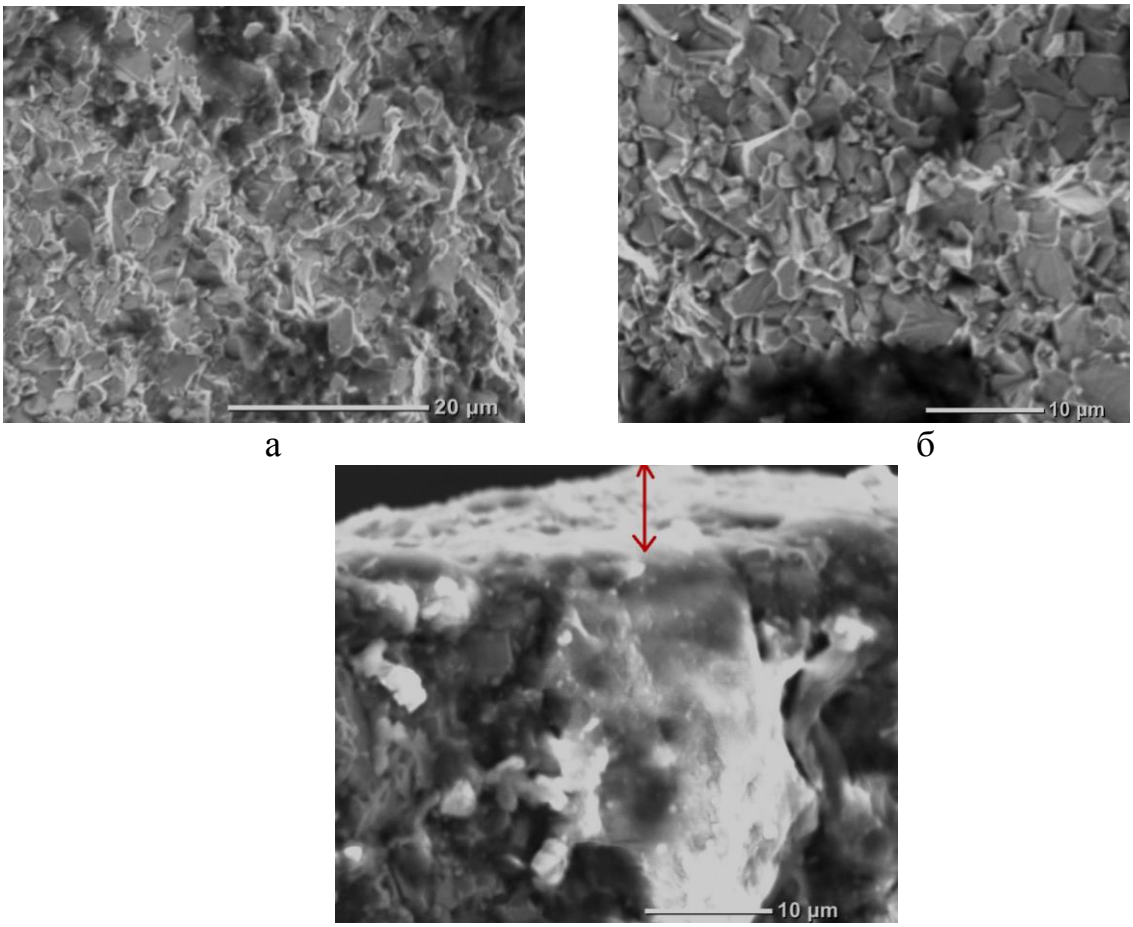


Рисунок 4 – Химический состав твердого сплава марки ВК10 после лазерного воздействия

Далее на микроскопе при увеличение 1500 и 2000 был исследован излом после лазерной обработки, а также представлена зона лазерного воздействия на образец. Исследования представлены на рисунке 5.



а б

б

Рисунок 5 – Излом твердого сплава ВК10

а – излом при увеличение 1000; б – излом при увеличении 2000; в – зона ла-

зерного воздействия на поверхность образца

Далее были проведены исследования образца на химический анализ в пяти точках, исследования представлены на рисунке 6.

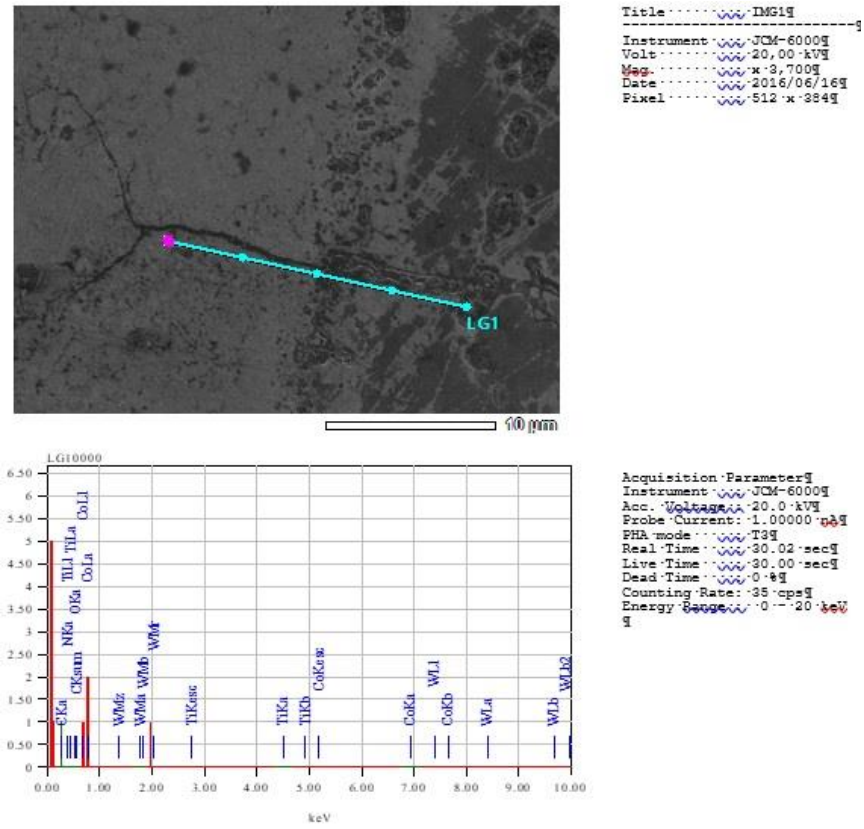


Рисунок 6 – Анализ химического состава твердого сплава марки ВК10 в 5 точках

После исследования микроструктуры были проведены испытания на алмазно-абразивный износ.

Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний твердого сплава марки ВК10 на алмазно-абразивный износ

Режимы	P_1	P_2	ΔP
Исходный	11,065	10,683	0,281
1	11,076	10,76	0,215
2	11,067	10,773	0,193
3	11,071	10,833	0,138
4	11,063	10,837	0,125

Анализ таблицы показывает, что лазерная обработка твердого сплава марки ВК10 благоприятно влияет на износостойкость, потеря массы у образцов после обработки меньше, чем у исходного образца.

Также были проведены испытания на износ твердого сплава после лазерной

обработки. Испытания проводились на токарно-винторезном станке 16К20, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты замеров износа твердого сплава марки ВК10

№	Режимы	Число проходов	hпп	hзп
1	Исходный	2	0,1	0,14
2	ВК10 после лазерного воздействия	2	0,06	0,08

Из таблицы видно, что износостойкость образца после лазерной обработки возрастает в 2 раза.

Список литературы

1. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 247 с.

2. Бондаренко В.А. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов. М.: Машиностроение, 2000. – 428 с

3. Богодухов С.И. Материаловедение. М.: Старый Оскол, 2021. –536 с.

4. Gurland J. The Fracture Strength of Sintered WC-Co Alloys in Relation to Composition and particle Spacing // Trans. Met.Soc. AIME. 1963. Vol. 227. No. 1 P. 28–43.

5. Kim C.S., Massa T.P., Rohrer G.S. Modeling the relationship between Microstructural features and the Strengh of WC-Co Composites // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2020. V.24 (1) P. 89–100.

6. Suzuki H., Hayashi K. Strenght of WC-Co Cemented carbides in relation to their Fracture Sources. Planseeber. Pulverment. 1975. Vol. 23, No. 1. P. 24–36.

7. Guo Zhixing., Xiong Ji., Yang Mei., Jiang Cijin. WC–TiC–Ni cemented carbide with enhanced properties // J. Alloys and Compnd. 2020. Vol. 465. No. 1-2. P. 157–162.

8. Пат. 2509173 РФ. Способ обработки твердосплавного инструмента / Соколов А. Г.; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.03.2014.

9. Уманский, Я. С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Расторгуев. – М.: Металлургия,1982. – 632 с.

10. Либенсон, Г. А. Процессы порошковой металлургии / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. Т.1: Производство металлических порошков / под. ред. Г. А. Либенсона. – М. : Изд-во МИСИС, 2001. – 368 с.

11. Фальковский, В. А., Клячко Л. И. Твердые сплавы. – М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2005. – 368 с.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МЕТАЛЛО- И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Серегин А.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Подготовка специалистов по разработке графиков планового предупредительного ремонта (ППР) по ремонту и техническому обслуживанию (ТО) металло- и деревообрабатывающего оборудования является важнейшей задачей высшей школы РФ. Разработанные ранее методики [1 – 3] отстают от требований современного производства. Подготовка специалистов должна быть основана на методиках изучения современной системы ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования.

При разработке административных систем управления производством, связанных с введением процедур менеджмента качества, на предприятиях серийного и крупносерийного производства с динамической и произвольной последовательностью обработки типовых деталей машин создают новые системотехнические методы ТО и ремонта оборудования. Они позволяют оптимизировать осуществление процессов ТО и ремонта оборудования. При оптимизации самой сложной является задача распределения по времени этапов, осмотров (О), текущего (Т), среднего (СР) и капитального (КР) ремонта оборудования. А также наиболее основного этапа его использования по назначению (И). Для производственников основным является этап И, поскольку в это время станок может быть использован по назначению. При решении задачи оптимизации необходимо построить совместную структурную модель стадии «эксплуатация» жизненного цикла средств технологического оснащения, которая могла бы обеспечить точность, настроенность, стабильность технологических процессов и непрерывность производственного процесса (Рисунки 1, 2, 3 и 4).

«COZXbWd»:	ПН→О	→Т	→ О	→Т	→ О	→СР→	ИС→О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→КР		
«7100–0009»:	У→ТО	→ТО	→ТО	→СК	→ТО	→КП	→У	→ТО	→ТО	→ТО	→СК	→ТО	→СМ	
«Время»:	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	8,6	9,8	11,2	12,6	14	15,4	16,8

Рисунок 1 – Совместная структурная модель стадии «эксплуатация» станков первой группы

«xOZ/$\hat{C}_V$»:	ПН→О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→ СР→	О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→ КР	
«16-B18»:	У→О	→ О	→ Т→	О	→ О	→ СМ→	О	→ О	→ Т→	О	→ О	→ СМ	
«7827-0259»:	У→О	→ О	→ О	→ О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ О	→ О	→ О	→ СМ	
«Время»:	0	1,8	3,4	5	6,3	7,5	8,5	9,8	11	12,1	13,2	14,2	15,1

Рисунок 2 – Совместная структурная модель стадии «эксплуатация» станков второй группы

«$Xd_VOYZ\hat{C}_V$»	ПН	→ О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→СР	→ О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→ КР	
«КЭМП»:	У	→ О	→ О	→ О	→	О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ О	→ О	→О	→ КР
«Время»:	0	2,4	4,6	6,6	8,4	10	11,3	13	14,6	16,1	17,6	18,9	20,2	

Рисунок 3 – Совместная структурная модель стадии «эксплуатация» станков третьей группы

«XYZO$\hat{C}_V$»:	ПН	→О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→СР	→О	→ Т	→ О	→ Т	→ О	→ КР	
«7827-0267»:	У	→О	→ О	→ О	→	О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ СМ
«УДГ-160»:	У	→О	→ О	→ О	→	О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ Т	→ О	→ О	→ КР
«Время»:	0	1,8	3,4	5	6,3	7,5	8,5	9,8	11	12,1	13,2	14,2	15,1	

Рисунок 4 – Совместная структурная модель стадии «эксплуатация» станков шестой группы

В процессе обучения специалисты должны освоить методы построения совместных структурных моделей для станков распространённых групп, приведенных на Рисунках 1 – 4. На них обозначено следующее: слева дана формула компоновки станка и шифр модели технологической оснастки, используемой на станке; справа структура технического обслуживания станка. Литерами обозначено: ПН – пуско-наладочные шеф-монтажные работы; У – установка оснастки; СМ – замена изношенной оснастки.

Строка «Время» в представленных моделях представляет собой оперативное время наработки на отказ средств технологического оснащения. Его размерность – час. Расчёт времени наработки на отказ производят на основе методов статистической механики и теории надёжности [4]. Построение структурных моделей производят с применением теории графов связей для техники и механических систем [5, 6].

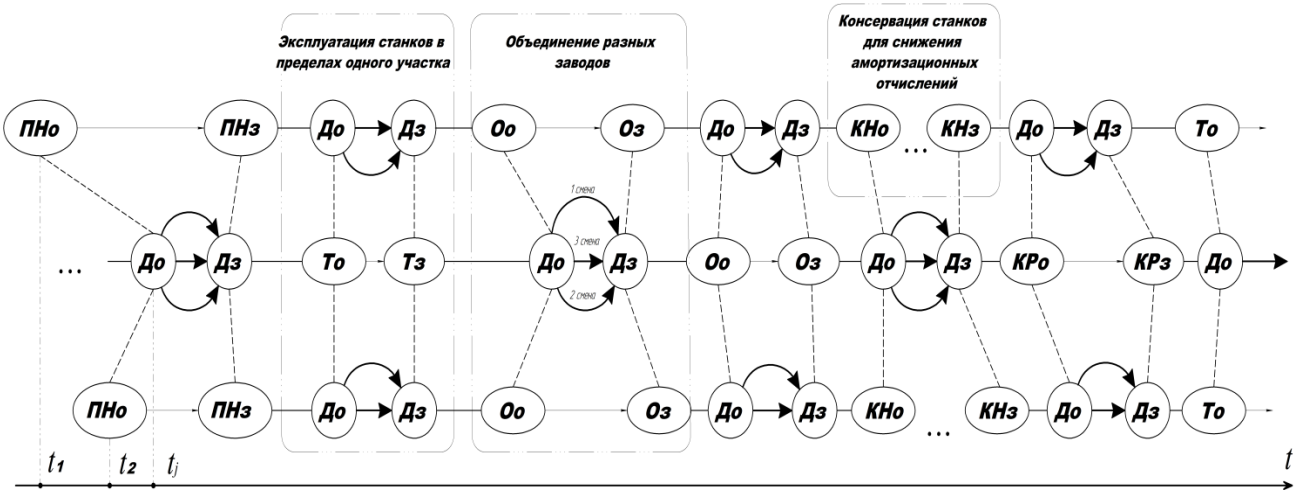
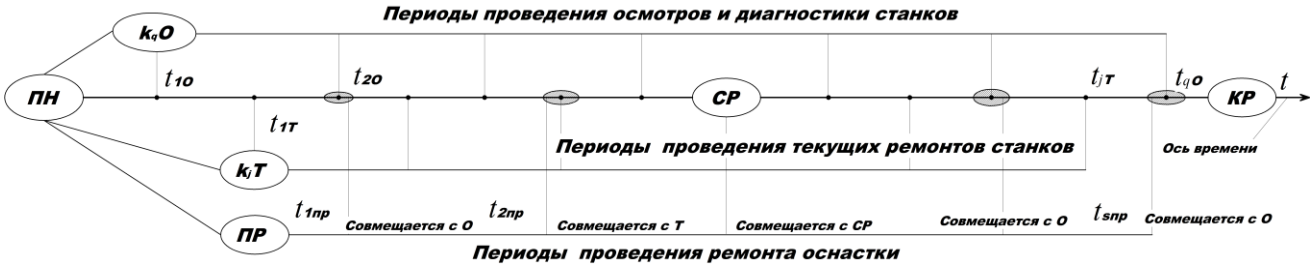


Рисунок 5 – Граф вариантов загрузки технологического оборудования производственных цехов либо предприятия в целом

Для того, чтобы разработанная система могла обеспечить непрерывность производственного процесса необходимо рассмотрение работы средств техно-

логического оснащения производственных цехов и предприятий в комплексе. Составим графическую модель работы технологического оборудования производственных цехов или всего предприятия. Модель представлена на Рисунке 5. На основе указанной модели строят временной граф ремонтного цикла станка и оснастки. Пример такого графа дан на Рисунке 6. Поскольку ремонтный цикл отдельной единицы оборудования отличается от всеобщего цикла, вводят коэффициенты отклонений k_i.



.

Рисунок 6 – Построение совместной структуры ремонтного цикла средств технологического оснащения

Вывод: представленная последовательность построения графов структур ТО и ремонта средств технологического оснащения представляет собой методику, которую предлагается взять за основу при изучении современных способов разработки графиков ППР.

Список литературы

1. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / под. ред. В.И. Клягина, Ф.С. Сабирова. – М.: Машиностроение, 1988. – 672 с.

2. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий / под ред. М. О. Якобсона. – М.: Машиностроение, 1967. – 592 с.

3. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования: учеб. для вузов / А. Н. Батищев [и др.]; под ред. А. Н. Батищева. – Москва: КолосС, 2007. – 424 с.

4. Светлицкий, В. А. Статистическая механика и теория надежности / Светлицкий В.А. – М.: Издательство МГТУ м. Н.Э. Баумана, – 2004. – 418 с.

5. Применение теории графов связей в технике / под ред. Д. Кэрнопа, Л. Т. Кузина. – М.: Мир, 1974. - 96 с.

6. Дистель, Р. Теория графов / Р. Дистель. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2002. – 336 с.

ОБЗОР ЛИНЕЙНЫХ ПЛАНИРОВОК РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Симутов Д.А., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Промышленный робот (ПР) - предназначенный для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе манипуляционный робот, то есть автоматическое устройство, состоящее из манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, которое формирует управляющие воздействия, задающие требуемые движения исполнительных органов манипулятора. Применяется для перемещения предметов производства и выполнения различных технологических операций. Очень часто они используются в роботизированных технологических комплексах (РТК), которые входят в автоматизированные участки и линии машиностроительного цеха.

Можно выделить следующие основные линейные планировки РТК.

На рисунке 1 представлена линейная планировка с магазином выдачи заготовок, где возле технологического оборудования (ТО) расположен магазин поштучной выдачи заготовки (МЗ). Промышленный робот обслуживает одно рабочее место, перемещая заготовки в следующем порядке МЗ-ТО-МЗ. В данном случае оборудование располагается на небольшом расстоянии, в зоне действия ПР.

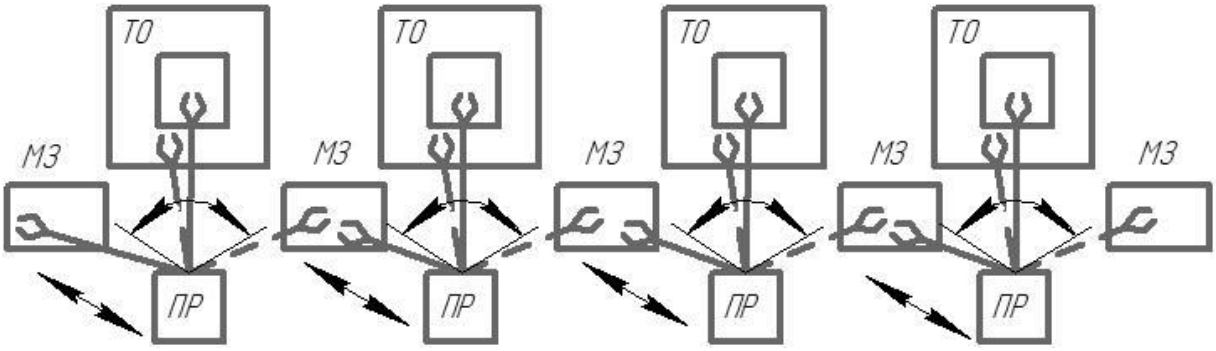


Рисунок 1 - Линейная планировка с магазином выдачи заготовок

Преимуществом данной планировки являются: компактность и простота установки. Главным недостатками является, точная настройка по времени обработки изделия, это связанно с разной нагрузкой на технологические операции. Для уменьшения простоя следует разрабатывать технологические операции с равным временем обработки.

На рисунке 2 представлена линейная планировка с транспортным устройством, где возле технологического оборудования (ТО) расположено транспортное устройство (ТУ). Данная планировка может быть оснащена конвейером, это

позволяет создать накопительный эффект, позволяющий нивелировать сложности, связанные с различием времени разных технологических операций (изделия будет находится на конвейере и ожидать своей очереди).

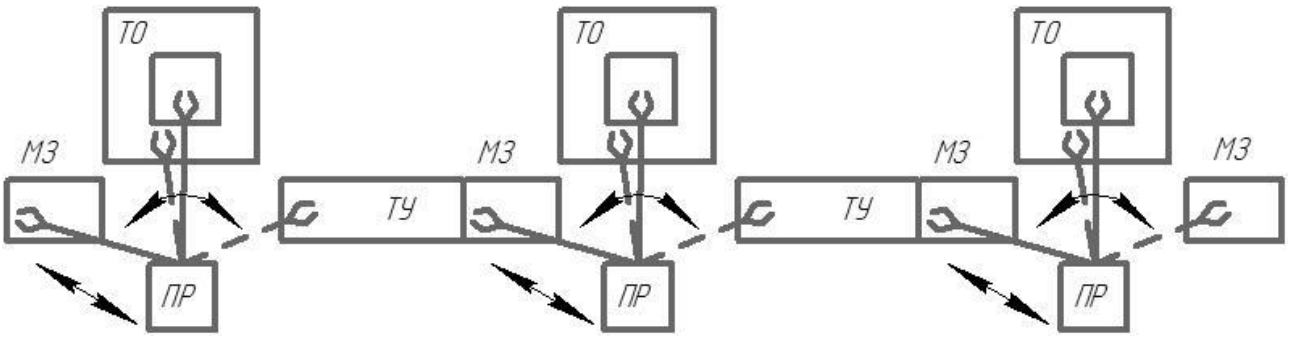


Рисунок 2 - Линейная планировка с транспортным устройством

На рисунке 3 представлена линейная планировка с транспортным устройством, где один ПР обслуживает два ТО.

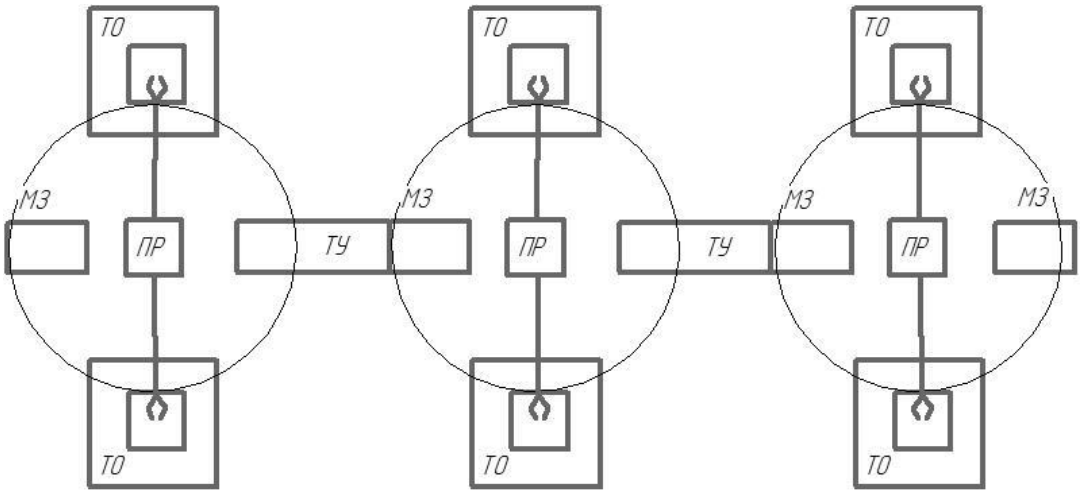


Рисунок 3 - Линейная планировка с ПР, обслуживающим два ТО

На рисунке 4 представлена линейная планировка с подвижным промышленным роботом (ППР), который перемещается по трассе (Трс) и может обслуживать разное количество технологического оборудования (ТО), загружая и выгружая заготовки в магазины (М), расположенные возле оборудования.

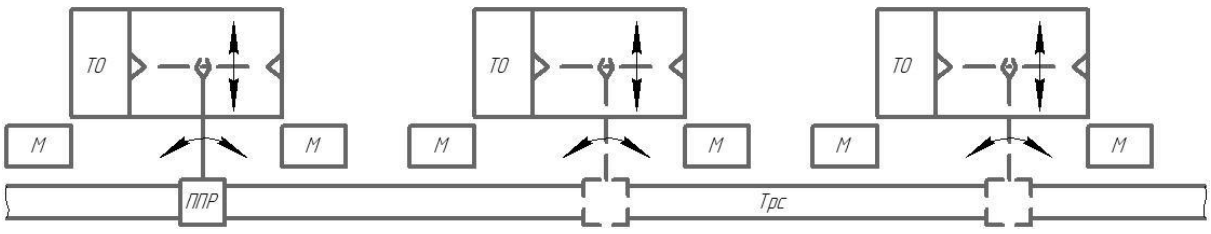


Рисунок 4 - Линейная планировка с подвижным промышленным роботом

Планировка имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести компактное расположение РТК, затраты на закупку оборудования ниже по сравнению с предыдущими планировками (нет необходимости к каждому станку приобретать собственного робота, с этой задачей может справиться один или два таких же манипулятора). Недостатками будут являться:

- сложность монтажа, роботу необходимо перемещаться между станками;
- создание специальной трассы;
- программирование робота (он должен уметь устанавливать заготовку на каждом ТО, в зависимости от операции она может серьезно отличаться);
- захват изделия (поверхности, за которые происходил захват, могут быть удалены во время выполнения предыдущей операции или стенки изделия стали настолько тонкие, что повторный захват за них приведет к деформации).

Современные ПР могут применятся в различных планировках РТК и обслуживать все виды технологического оборудования: от прессов и ножниц до литьевых машин. Использование роботизированных установок сокращает цикл изготовления детали, повышает производительность за счет достижения высокой скорости и непрерывности производственного процесса. Робот может работать круглосуточно 24/7, обслуживать два и более станка одновременно [1]. В качестве примера на рисунке 5.а представлена вертикальная обрабатывающая гибкая автоматизированная линия DZHX-002, обслуживающая несколько станков. Так же на производстве часто используются коллаборативные роботы (коботы), которые изначально были задуманы для сотрудничества с человеком. На рисунке 5.б представлен кобот серии RC, разработанный в Российской Федерации. Их система безопасности оснащена множеством датчиков, контролирующих движение вокруг и передающих сигнал для мгновенной остановки работы. Форма кобота - округлая, скорость и сила – уменьшенные [2].

а) б)

а - гибкая автоматизированная линия DZHX-002; б - кобот RC10.

Рисунок 5 - Примеры ПР, применяемых в линейных планировках РТК

Список литературы

1 Роботы для обслуживания станков ЧПУ в Москве и по России - Robotec [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://robotec.ru/solutions/19-robotizirovannoe-obsluzivanie-stankov?ysclid=lpuwa1rb8n113359913. - Загл. с экрана. - Проверено 22.12.2023.

2 Использование промышленных роботов на российских предприятиях [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://robotrends.ru/pub/2122/ispolzovanie-promyshlennyh-robotov-na-rossiyskih-predpriyatiyah . - Загл. с экрана. - Проверено 22.12.2023.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CAD-СИСТЕМ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Солдатов Д.С., Носков Д.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время наиболее актуальной сферой деятельности для современных государств является аэрокосмическая сфера. Аэрокосмическая индустрия формируется производствами, занимающимися авиа и ракетостроением. Данное направление в промышленности требует особенно ответственного и научно-практического подхода с каким-либо технологическим операциям в процессе производства.

На начальных этапах жизненного цикла любого изделия формируется типовая документация, отражающая в себе определенный технологический цикл, который проходит изделие от заготовки до сдачи.

В технологической жизни изделия особое значение имеют CAD-системы, позволяющие определять те или иные параметры, то или иное поведение агрегата в определенных эксплуатационных и прочих условиях, без наличия материальной части изделия [1].

В частности, благодаря одной из таких систем производство имеет возможность определять прочностные характеристики спроектированной модели изделия при различных параметрах влияющих на него условий [2].

В данной работе рассмотрена возможность использования приложения APM-FEM. APM-FEM – это приложение, которое является частью CAD-системы КОМПАС-3D, позволяющее рассчитывать твердотельные модели на прочность, прикладывая определенные нагрузки к необходимым точкам модели.

Расчет на прочность и жесткость производят для того, что бы определить, при каких значениях нагрузок агрегат подвергается деформациям, недопустимым при его эксплуатации. В том числе благодаря расчету можно проанализировать, какие деформации испытывает агрегат при рабочих нагрузках.

На начальном этапе формируется элементарная модель, отражающая внешний контур конечного изделия и к модели применяется материал, в будущем закладываемый при производстве [3].

Далее, вне зависимости от габаритных параметров модели, она разбивается на элементарные ячейки, каждая из которых в последующем будет воспринимать заданные нагрузки. На рисунке 1 представлена элементарная модель крыла, разбитая на конечные элементы, образующие связанную сетку.

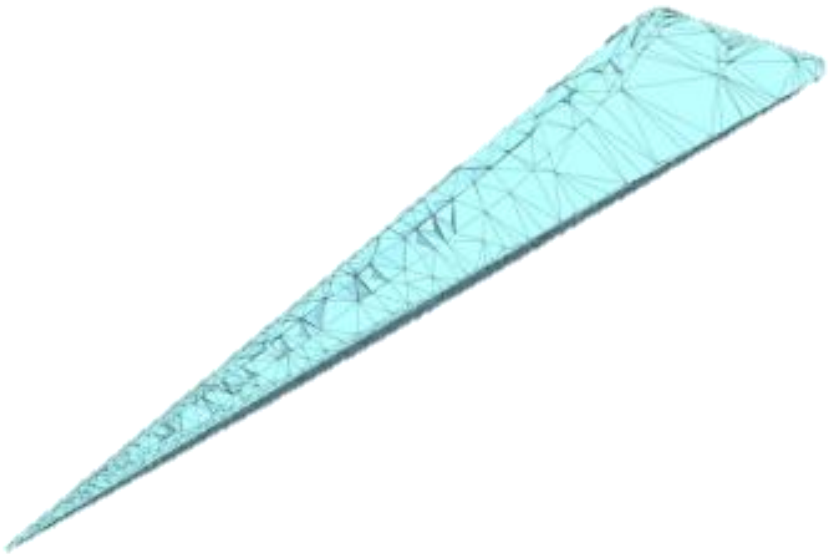


Рисунок 1 – Расчетная сетка с зонами распределения давления

Перед началом расчета необходимо считать инерционные параметры модели, с помощью возможностей приложения APM-FEM. Данные параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – инерционные параметры модели.

Параметр	**Значение**
Масса модели, кг	72
Центр тяжести модели, м	-0,007456, -0,003660, 1,299071
Момент инерции модели, кг•м^2	2876, 2941, 3067
Суммарная реакция опор, Н	-0,0000, -0,0000, 500
Момент относительно центра масс, Н•м	1,83, -3,73, 0,00
Абсолютные значения реакции, Н	500
Абсолютные значения момента, Н•м	4,1

После определения инерционных параметров появляется возможность проведения прочностных испытаний модели, которые делятся на два основных вида [3]:

- статические;
- динамические.

На рисунке 2 отображен статистический расчет на прочность, который показывает предварительную устойчивость и нагрузки.

При статистическом расчете на крыло было воздействие статической распределенной по плоскости нагрузки в 500 Н, что превышает нагрузки изделия в два раза. При этом крыло остается в «холодной» зоне прочности, следовательно при нагрузках в два раза превышающих эксплуатационные, крыло не испытывает критических деформаций.

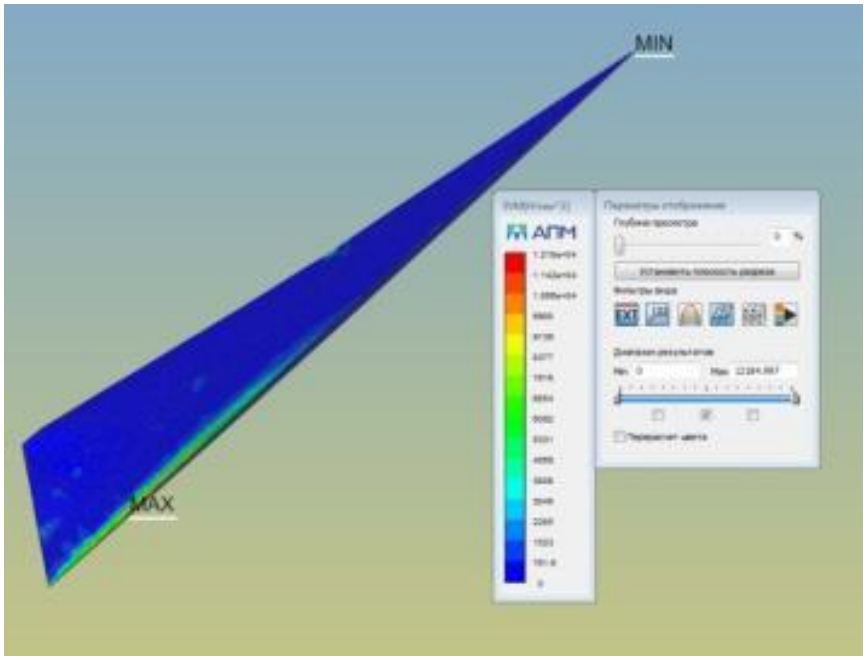


Рисунок 2 – Статический расчет на прочность

По анализу расчета полных деформаций видно, что крыло испытывает деформации в максимально удаленной точке с наибольшим плечом от точки крепления с фюзеляжем. Результаты расчета на внутренние колебания представлены на рисунке 3.

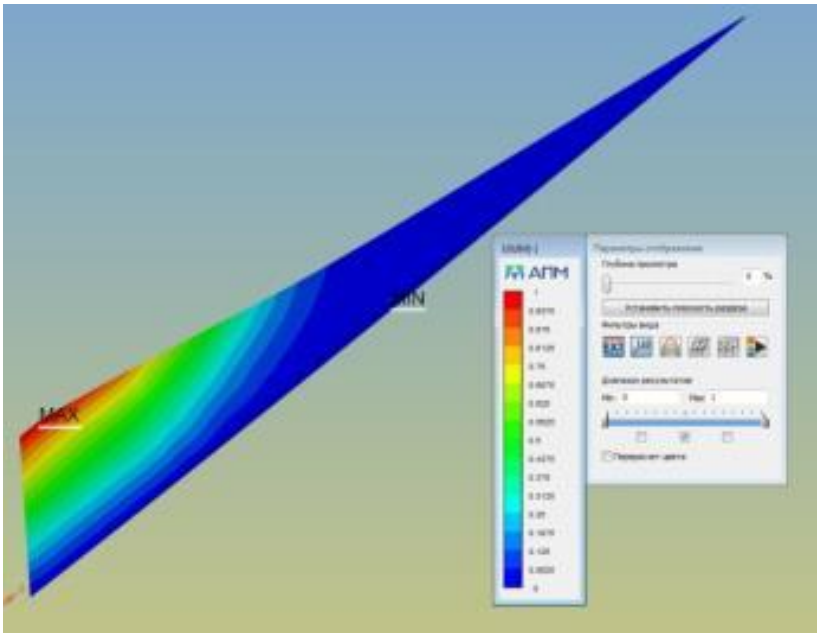


Рисунок 3 – Расчет внутренних колебаний

Окна, отражающие состояние модели в процессе расчета представляют отображение в виде градиента цветов, сопоставленного со шкалой численных

значений. Таким образом мы понимаем, в какой области изделий испытывает критические нагрузки.

Применение данного приложения CAD-системы, значительно упрощает проектирование, и в последующей производство, выбранного изделия. Благодаря его использованию, на начальных этапах имеется возможность спрогнозировать теоретическое поведение изделия в определенных условиях, тем самым обеспечив его надежную будущую эксплуатацию.

Список литературы

1 Blazek J. Computation Fluid Dynamics: Principles and Applications. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2005. 496 p

2 Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь. – Москва: Машиностроение, 2013. – 320 с.

3 Корижин О.В., Пащенко О.Б., Филиппов М.В. Применение систем компьютерной инженерии при расчетах аэродинамических характеристик грузов, отделяемых от летательного аппарата / Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 11. С. 320–329. DOI: 10.7463/1114.0739817

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Степанников А.Д., Овечкин М.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современных экономических условиях одним из ключевых факторов успеха производственных предприятий является непрерывный процесс планирования и организации производства продукции или услуг. Переход к рыночной экономике требует от предприятия повышения эффективности производственного процесса, конкурентоспособной продукции и услуг на основе внедрения достижений научно- технического прогресса, оптимальных методов управления производством, а также активизации предпринимательства[1].

Процесс создания автоматизированного управления документооборотом является одним из основополагающих факторов высокоэффективной финансово-хозяйственной деятельности. С одной стороны, это связанно с ограниченностью квалицированного узконаправленного персонала для осуществления своей деятельности, а с другой, развитием информационно-коммуникационных технологий с целью совершенствования бизнес-процессов, максимизации прибыли и минимизации финансовых затрат[1].

Именно эффективное управление автоматизацией документооборота, рациональное взаимодействие между сотрудниками различных подразделений во время пользования электронным документооборотом, позволяет предприятию достигать поставленных целей, желаемых результатов, а также в полной мере удовлетворять потребности потребителей[1].

Документооборот – процесс движения документов на предприятии начиная от момента их оформления до архивации, включающий в себя комбинированный комплекс работ с документами: прием, регистрация, рассылка, контроль исполнения, формирование дел, хранение и повторное использование документации, справочная работа[1].

Электронный документ - документ, представленный на основе средств информационной обработки данных, заверенный электронной цифровой подписью. Сохранение документа осуществляется на машинном носителе в виде файла соответствующего формата[1].

Электронный документооборот - закрытая система обмена электронной документацией внутри организации между структурными подразделениями без использования бумажного носителя с использованием таких средств как: база данных, информационные системы, интернет, электронная почта[1].

Основной целью электронного документооборота принято считать автоматизацию процессов обработки, передачи и хранения документов на предприятии. Электронный документооборот предоставляет собой уникальные возможности и задачи, которые способны существенно улучшить эффективность работы предприятия и сократить временные затраты на обработку документов.

Основные принципы электронного документооборота:

− однократная регистрация документа, с целью точной идентификации необходимого документа;

− параллельное выполнение операций, позволяющих сокращать временные рамки документооборота и повышения оперативности их исполнения;

− непрерывный процесс осуществления жизненного цикла документа, позволяющий устанавливать ответственного за исполнение документа в каждый момент времени цикла жизни документа;

− единая база данных, позволяющая исключить возможность дублирования документов с целью эффективно организованного поиска документа, обладая минимальной информацией о нём;

− развитая система отчётности по различным статусам и характеристикам документов, позволяющая контролировать движение документов по процессам документооборота и принимать управленческие решения, основываясь на отчетных показателях[2].

Функциональными возможностями системы электронного документооборота являются:

1. Управление доступом и обеспечение безопасности. Эта функция отличается поддержкой контроля и управления, связанными с сохранением документов. В системе электронного документооборота (СЭД) доступ к информации назначается для определенных групп пользователей, а не для каждого отдельного пользователя. Помимо этого, СЭД предоставляет возможность определенным пользователям предоставлять доступ к определенному документу на конкретное время и для конкретных действий других пользователей. Эти права обычно предоставляются сотрудникам административного аппарата организации.

2. Функция резервного копирования и восстановления. Эта функция необходима для обеспечения безопасности данных. Она может быть реализована непосредственно в самой СЭД или с помощью других систем и приложений. Обычно эти обязанности возлагаются на ИТ-специалистов.

3. Управление сроками хранения, передачей и электронным архивированием документов. СЭД устанавливает срок хранения различных типов документов по умолчанию, а также в соответствии с существующими требованиями. Документы передаются на хранение в систему электронного документооборота, ответственную за архивное хранение.

4. Обеспечение ввода и регистрации документов. В СЭД существует гибкая система ввода информации, которая позволяет администраторам настроить и управлять системой в соответствии с конкретными требованиями предприятия. Особенно следует выделить функцию сканирования, позволяющую автоматически извлекать необходимые метаданные из отсканированных документов, чтобы не вводить их вручную. Регистрация документов в СЭД происходит автоматически с присвоением им определенного номера.

5. Возможность поиска информации. Поиск информации в СЭД является процессом идентификации дел и документов на основе указанных пользовате-

лем параметров, включая местонахождение, доступ и извлечение документов, рубрик и метаданных. Система электронного документооборота позволяет искать не только сами документы, но и связанные с ними метаданные. Поиск осуществляется на основе известных характеристик метаданных.

6. Создание отчетов. Отчеты в СЭД используются для управления системой администраторами и контроля правильности использования СЭД руководством. Благодаря своевременному созданию отчетов ИТ-специалисты могут выявить и устранить возможные проблемы без ущерба для предприятия. Отчеты часто содержат информацию о работе с документами, о частоте их изменений, создании новых рубрик и дел.

Основными преимуществами внедрения СЭД в организации являются:

– снижение затрат на делопроизводство;

– повышение эффективности взаимодействия с пользователями;

– контроль всех бизнес-процессов в режиме реального времени;

– увеличение скорости документооборота на предприятии[2].

В ходе реализации, внедрения и сопровождения систем электронного документооборота может возникнуть ряд общих проблем. Проблемы внедрения системы электронного документооборота представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Проблемы внедрения системы электронного документооборота

Проблема	Краткая характеристика
1	2
Консерватизм персонала	Отсутствие образования, отказ от обучения и переобучения, а также страх перед прозрачностью своей работы перед руководством после внедрения системы электронного документооборота
Фактор директора «советского типа»	Отказ от работы с современным оборудованием, изучения и понимания процессов автоматизированного документооборота
Придание электронному документу юридическую силу	Необходимость обеспечения юридической силы документов (после принятия закона об электронной подписи этот фактор может потерять свою значимость)
Внешнее взаимодействие с окружающей средой	Необходимость взаимодействовать с внешним «бумажным» миром, в особенности если это касается параллельных структур в ассоциированных
Структурный беспорядок	Постоянные структурные изменения на предприятии и, как следствие, слабая формализация управленческих процессов. Даже при наличии достаточно неформализованной структуры управления возможно выстроить систему эффективного электронного архива, который поз-

	волит упорядочить хранение документов, версий документов, доступ к ним различных сотрудников и прочее
Не налаженный процесс документооборота	Если предприятие не отдает предпочтение формализованному документообороту, в ней возникает множество проблем, источником которых является именно отсутствие формализованной схемы ведения дел. Может быть запущен пилотный проект для проведения анализа деятельности предприятия с целью выявить проблемные участки, которые актуальны в связи с отсутствием формализации в ведении дел.

Таким образом, по таблице 1 можно сделать вывод, что основными проблемами внедрения системы электронного документооборота можно считать консерватизм персонала, нежелание руководства усовершенствовать управленческие навыки и функции, необходимость постоянного взаимодействия с бумажными данными внешнего окружения стейкхолдеров, структурный беспорядок, не налаженный процесс документооборота на предприятии, а также необходимость обеспечить документооборот предприятия юридической защитой.

На основании рассмотрения теоретических аспекты внедрения систем электронного документооборота, можно сделать следующие выводы. С развитием автоматизированного управления, как правило, совершенствуется система накопления и распределения информации по основным финансово-экономическим показателям эффективности деятельности производственного предприятия, повышается производственная мощность основных производственных фондов, улучшается качество производимой продукции, расширяется финансовый потенциал предприятия, что дает возможность для развития и производственной деятельности, и служит предпосылкой для дальнейшего роста конкурентоспособности бизнеса. Грамотное создание СЭД администраторами с использованием основных принципов и условий применения электронного документооборота, а также наиболее квалифицированное обучение работе с ним позволяет с максимальным преимуществом автоматизировать документооборот и заменить «бумажную» версию.

Список литературы

1. Автоматизация делопроизводства и документооборота на предприятии. Особенности национального делопроизводства [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.directum.ru/339091.aspx, свободный – 10.11.2023

2. Береснева, Е.А. Автоматизация работы с документами: от простого к сложному [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://referat.mirslovarei.com/d/904081/?page=2, свободный – 25.10.2023

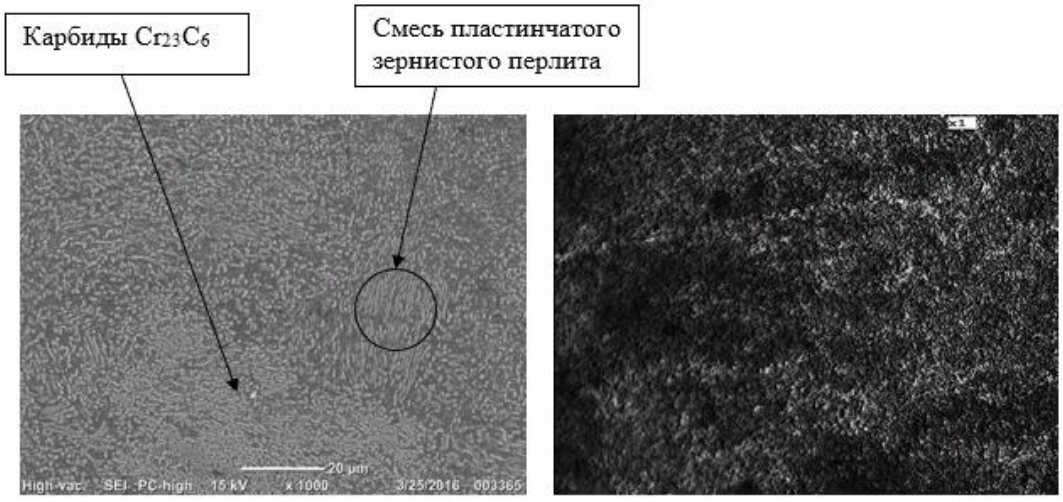
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕСС СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СТАЛИ 5ХНМ

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р.,
Шалимов А.В., Иванова О.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Создание высокопроизводительных и стойких в эксплуатации инструментов связано, в первую очередь, с проблемой получения и обработки таких материалов, которые могли бы противостоять жестким условиям работы. Высокие механические свойства инструмента и его теплостойкость (красностойкость) достигаются специальным легированием и термической обработкой. Таким образом, определенный интерес представляет разработка и корректировка методов термической обработки легированных сталей.

Исследованию подвергалась штамповая сталь 5ХНМ. Также при проведении исследований использовались электронный микроскоп «JEOL-6000», микродифрактометр МД-10 и оптический микроскоп «Микровизор металлографический μVizo-MET-221».

Структура стали в сыром состоянии 5ХНМ представляет собой смесь пластинчатого и зернистого перлита (рисунок 1 и 2).



а) б)

а) микроструктура, полученная электронной микроскопией, х1000;
б) микроструктура, полученная оптической микроскопией, х500;

Рисунок 1 – Микроструктура стали 5ХНМ в исходном состоянии

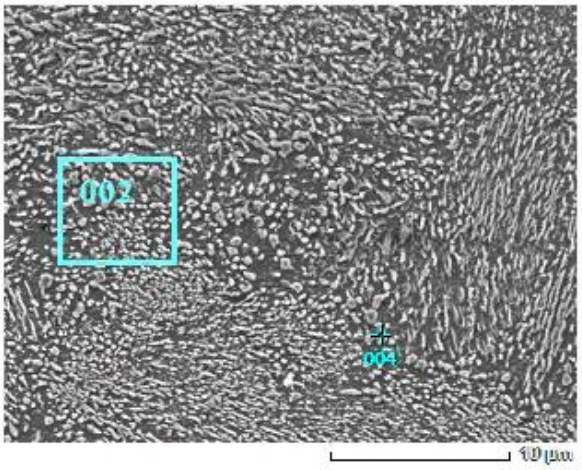


Рисунок 2 – Микроструктура стали 5ХНМ с выделением фаз

Из рисунков 1 и 2 видно, что сталь имеет сложную игольчатую многофазную структуру, которая не имеет однородности по строению и распределению легирующих элементов.

Распределение легирующих элементов по металлической основе сплава, произведено посредством спектрального анализа, приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа выделенного участка металлической основы

№ участка анализа	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo
002	2,9	0,12	0,99	1,02	0,15	0,01	1,31	0,11
004	9,37	0,36	0,68	0,95	0,06	0,06	1,19	0,54

Результаты микрорентгеноспектрального анализа стали 5ХНМ в литом состоянии показали, что в литом состоянии большинство легирующих элементов находится в свободном состоянии в виде обособленных карбидных включений хрома. Металлическая основа имеет смешанный характер с элементами зернистой и пластинчатых колоний феррито-цементитной смеси.

В таблице 2 приведены значения твердости и микротвердости стали 5ХНМ в исходном состоянии

Таблица 2 – Значения твердости и микротвердости стали 5ХНМ в исходном состоянии

Марка стали	Твердость, HRC	Микротвердость, HV
5ХНМ	8,0	232

Для перераспределения легирующих элементов, устранения карбидной ликвации, подготовки образцов к последующей термической обработке и из-

мельчения зерна, был произведен сфероидизирующий отжиг на зернистый перлит.

Режимами сфероидизирующего отжига являются нагрев образцов до температуры 780 ºС, выдержа 60 минут и медленное охлаждение вместе с печью. В этом случае в аустените, во время его распада при охлаждении, большое число нерастворившихся включений цементита служат центрами сфероидизации. В результате образуется структура зернистого перлита.

Мелкие частицы цементита при температуре отжига в интервале A_1–A_{cm} получаются в результате деления цементитных пластин. При делении пластины растворяются в наиболее тонких участках, а также в местах выхода на межфазную поверхность цементитно-аустенитных субграниц в цементите или аустените.

В месте выхода субграницы в цементитной пластине на межфазную поверхность неуравновешенность сил поверхностного натяжения является стимулом для локального растворения цементита до такой конфигурации поверхности, чтобы эти силы уравновесились. Канавки растворения с выпуклыми в сторону аустенита стенками идут вдоль линий выхода субграниц на поверхность пластины.

После деления пластин цементита мелкие их частицы сфероидизируются. Этот процесс идет путем переноса углерода через окружающий твердый раствор.

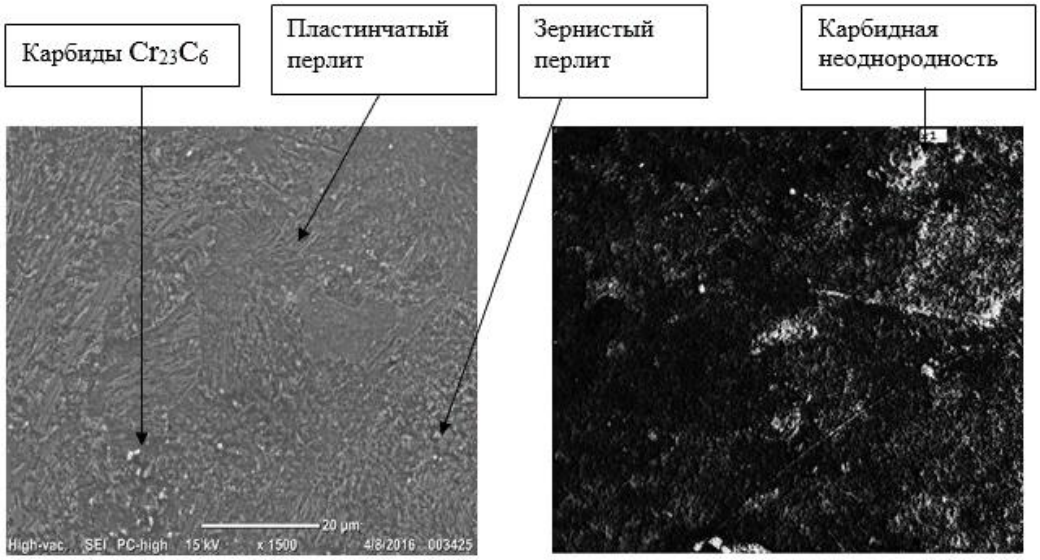
После отжига была получена структура зернистый и пластинчатый перлит, твердость после отжига снизилась из-за развития сфероидизации (таблица 3).

Таблица 3 – Значения твердости и микротвердости стали 5ХНМ после отжига

Марка стали	Твердость, HRC	Микротвердость, HV
5ХНМ	21,0	285

Из таблицы 3 видно, что в процессе отжига произошло выравнивание значений твердости и микротвердости стали 5ХНМ.

Структура стали 5ХНМ представляет собой пластинчатый и зернистый перлит (рисунок 3 и 4).



а) б)

а) микроструктура, полученная электронной микроскопией, х1500;
б) микроструктура, полученная оптической микроскопией, х500;

Рисунок 3 – Микроструктура стали 5ХНМ после отжига

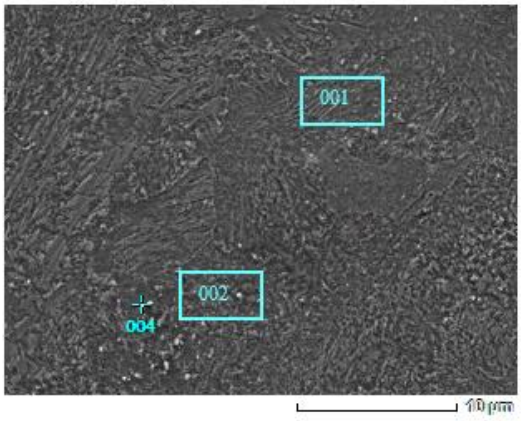


Рисунок 4 – Микроструктура стали 5ХНМ с выделением фаз

Результаты спектрального анализа, показывающие распределение легирующих элементов по металлической основе сплава после отжига, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа выделенного участка

№ участка анализа	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
001	5,02	0,22	0,57	1,67	1,05	0,36
002	6,41	0,18	1,05	1,25	1,12	0,95
004	14,04	2,36	3,69	0,27	4,84	1,87

Проведенные исследования стали 5ХНМ после отжига показали, что в процессе отжига формируется мелкозернистая структура феррито-цементитной смеси дисперсного строения. Отдельно взятые спектры с металлической основы и самостоятельных карбидных включений свидетельствуют о минимальном содержании карбидных включений в свободном виде.

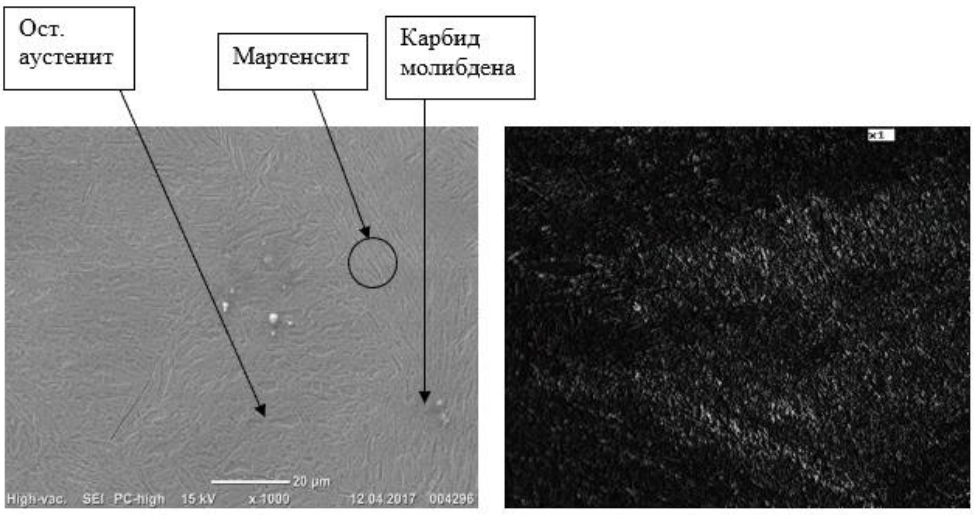
В последствии была проведена закалка образцов стали 5ХНМ в масло при температуре 1000 ºС с целью приобретения мартенситной структуры, повышения твердости и прочности. Но мартенсит характеризуется дефектной структурой – высокой плотностью дефектов (двойниковых прослоек и дислокаций - плотность дислокаций до 10^{10}–10^{12} $см^{-2}$). Границы двойников и сплетения дислокаций служат барьером для скользящих дислокаций, т.е. упрочняют мартенсит. Фазовый наклеп, возникающий при мартенситном превращении, в той или иной степени вносит вклад в упрочнение сплава.

После закалки твердость и микротвердость представлена в таблице 5. Структура стали 5ХНМ представляет собой пакетный крупноигольчатый мартенсит (рисунок 5 и 6).

Таблица 5 – Значения твердости и микротвердости закаленной стали

Марка стали	Твердость, HRC	Микротвердость, HV
5ХНМ	51,0	623

Из таблицы 5 видно, что в процессе закалки значения твердости и микротвердости возросли и продолжается сохранение равномерности значений твердости и микротвердости стали 5ХНМ.



а) б)

а) микроструктура, полученная электронной микроскопией, х1000;
б) микроструктура, полученная оптической микроскопией, х500;

Рисунок 5 – Микроструктура стали 5ХНМ после закалки

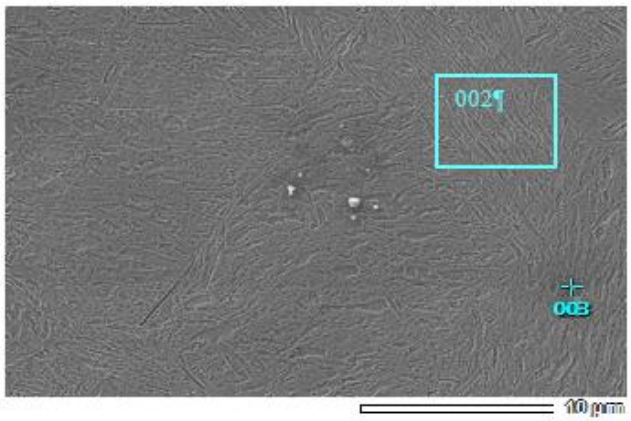


Рисунок 6 – Микроструктура стали 5ХНМ с выделением фаз

Результаты спектрального анализа, показывающие распределение легирующих элементов по металлической основе сплава после закалки, приведены в таблице 6.

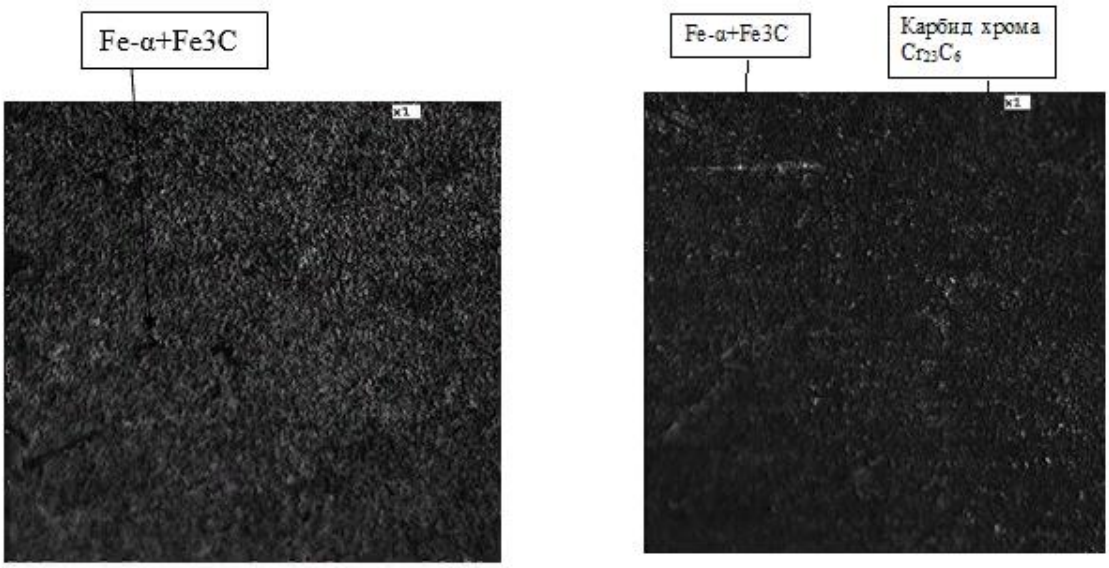
Таблица 6 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа выделенного участка

№ участка анализа	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
002	4,07	0,17	0,51	1,48	5,74	0,59
003	14,05	0,73	0,68	0,17	0,58	2,08

Результаты рентгеноспектрального анализа стали 5ХНМ после закалки показали, что хром и никель в металлической основе практически полностью растворены, в свободном виде присутствуют лишь карбиды молибдена, нерастворившиеся при закалке.

Так как данная сталь чаще всего используется для изготовления штампового инструмента для исследования процессов разупрочнения структуры, происходящих при отпуске стали 5ХНМ, образцы, предварительно закаленные в масло с температуры 1000 °С, были подвергнуты отпуску при температуре 500 °С с интервалом выдержки 30 и 60 минут.

На рисунке 7 и 8 представлены структуры стали 5ХНМ после отпуска 500 ºС, продолжительностью 30 и 60 минут.



а) б)

а) 30 минут; б) 60 минут

Рисунок 7 – Микроструктуры стали 5ХНМ оптического микроскопа после отпуска 500 ºС, х500,

Из рисунка 7 а) видно, что в процессе высокотемпературного отпуска при 500 ºС в течении 30 минут у исследуемой стали сформировалась дисперсная структура феррито-цементитной смеси с карбидным упрочнением, а в течении 60 минут (рисунок 7 б)) у исследуемой стали сформировалась монотонная структура феррито-цементитной смеси с мелким карбидным упрочнением

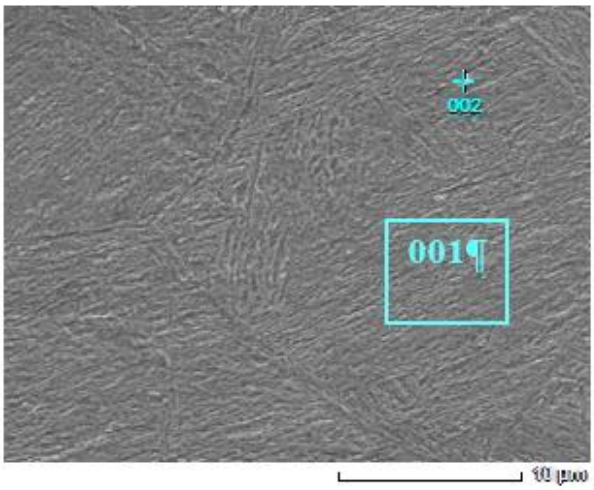


Рисунок 8 – Микроструктура стали 5ХНМ с выделением фаз

Результаты спектрального анализа, показывающие распределение легирующих элементов по металлической основе сплава после отпуска, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа выделенного участка

№ участка анализа	C	Si	Ni	Cr	Mo
001	3.26	0.17	0.92	0.80	0.63
002	29.26	0,12	0.77	1.67	0.69

Исследования показали, что после такого отпуска формируется структура феррито-цементитной смеси дисперсного строения. Содержание карбидных включений в свободном виде минимально, о чем свидетельствуют отдельно взятые спектры с металлической основы и самостоятельных карбидных включений. Молибден не образует в металлической основе при данной температуре самостоятельных карбидов, но при этом присутствует небольшое количество отдельных карбидов хрома.

Проведенные исследования стали 5ХНМ показали, что после корректно обоснованной и проведенной термической обработки из данного материала можно получать твердый, износостойкий и экономически целесообразный штамповый инструмент.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Татаренко А.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В холодное время года для обеспечения комфортных условий работы персонала, оптимального температурного режима работы оборудования и предотвращения замерзания жидкостей и газов, используемых в технологических процессах, здания необходимо отапливать. Промышленное предприятие может включать в себя различные типы зданий, такие как производственные цеха, административные здания, склады, гаражи, мастерские и другие сооружения, необходимые для функционирования предприятия. В зависимости от количества и площади отапливаемых зданий, нужно выбрать соответствующий вид теплового пункта, который сможет обеспечить потребителей тепловой энергий.

Тепловой пункт (ТП) – комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами теплопотребления, преобразование, регулирование параметров теплоносителя и распределение теплоносителя по видам потребителей [1]. Тепловой пункт представляет собой сооружение с комплектом оборудования, позволяющее изменить температурный и гидравлический режимы теплоносителя, обеспечить учет и регулирование расхода тепловой энергии и теплоносителя [2].

Принцип работы теплового пункта основан на управлении теплоносителя во вторичных теплосетях, то есть изменении объема теплоносителя, который из вторичной теплосети идет потребителю, в зависимости от температуры внешней среды. Помимо изменения объема теплоносителя, тепловой пункт обеспечивает постоянное давление во вторичных теплосетях.

По способу обеспечения потребителей тепловой энергией различают одноступенчатые и многоступенчатые тепловые пункты.

Одноступенчатая система характеризуются присоединением потребителя к первичным тепловым сетям. Для каждого объекта теплопотребления должно быть предусмотрено соответствующее технологическое оборудование, такое как подогреватели, элеваторы, насосы, арматура, оборудование КИПиА и др.

Системы многоступенчатого подключения характеризуются наличием тепловых пунктов между теплоэнергоцентралью и конечным потребителем.

По видам тепловые пункты можно разделить на индивидуальные, центральные и блочные.

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) обслуживают отдельных потребителей (небольшие здания или сооружения), которые уже подключены к

системе центрального теплоснабжения. Задача ИТП - обеспечение потребителя горячей водой и отоплением.

Центральные тепловые пункты (ЦТП) используются для теплоснабжения групп зданий и сооружений. Они выполняют функции обеспечения потребителей горячей водой (ГВС), холодным водоснабжением (ХВС) и теплом.

Блочные или модульные тепловые пункты (БТП) имеют блочное исполнение. Блок теплового пункта может состоять из нескольких блоков, установленных на одной раме. Каждый блок представляет собой независимый и законченный пункт.

Основными элементами ЦТП являются:

– теплообменник, в котором осуществляется прогрев теплоносителя для систем отопления и горячего водоснабжения, путем передачи тепла от первичной теплосети;

– насос, предназначенный для увеличения и контроля давления во вторичных теплосетях;

– клапанные регуляторы, предназначенные для изменения рабочих параметров теплового пункта, в частности, давления и температуры воды;

– фильтрующие устройства, предназначенные для очистки жидкости от загрязнений и устанавливаются на входе и выходе вторичных теплосетей;

– запорная арматура, которая представляет собой различные виды кранов и задвижек, использующихся для перекрытия теплоносителя в первичных или вторичных теплосетях;

– системы электроснабжения, автоматизации и диспетчеризации;

– системы учёта и контроля расхода теплоносителя;

– комплект датчиков и контроллеров.

Объем и степень автоматизации теплового пункта зависят от его тепловой мощности, соотношения тепловых нагрузок и схемы теплового пункта.

В типовой схеме автоматизации ЦТП предусмотрено измерение:

– температуры на входе и выходе в обратном трубопроводе первичной и вторичной теплосети, в подающем и обратном трубопроводе горячего водоснабжения (ГВС), теплоносителя из первичной теплосети для контура подпитки отопления, холодного водоснабжения (ХВС) для подпитки контура ГВС;

– давления в подающем и обратном трубопроводе первичной и вторичной теплосети, теплоносителя из теплоэнергоцентрали [4] подпитывающего контура для контура топления, холодного водоснабжения контура подпитки для ГВС, подающем и циркуляционном трубопроводе горячего водоснабжения.

– расхода холодной воды контура подпитки для контура ГВС, ГВС на циркуляцию в системе горячего водоснабжения, теплоносителя на отопление;

Автоматизированная система управления обеспечивает:

– регулирование подачи тепла в общей системе отопления по установленному температурному графику. То есть уровень нагрева воды в системе регулируется автоматически в зависимости от температуры воздуха. Автоматические системы позволяют корректировать график в течение суток с учетом праздничных и выходных дней;

– ограничение максимального расхода теплоносителей на основе показаний прибора учета;

– поддержание заданной температуры и давления в системе горячего водоснабжения;

– поддержание установленного перепада давления между обратным и подающим трубопроводом вторичной теплосети;

– управление циркуляционными, смесительными, подпиточными и увеличительными насосами;

– защиту гидравлического оборудования от воздействия повышенного давления;

– защиту насосов от сухого хода [3].

Таким образом, большому предприятию выгоднее использовать центральный тепловой пункт вместо индивидуальных или блочных тепловых, потому что ЦТП может упростить процесс управления и обслуживания системы теплоснабжения на предприятии за счет размещения всего необходимого оборудования в отдельно стоящем здании или отведённом под него помещении. Индивидуальный тепловой пункт предназначен для малых промышленных предприятий благодаря своей компактной конструкции и способности обеспечивать теплом от одного до двух потребителей. Блочные тепловые пункт подойдут как для малого, так и для среднего предприятия, за счет возможности подключить параллельно дополнительный независимый БТП. В настоящее время, кроме выбора вида теплового пункта, необходимо определиться с уровнем автоматизации в ТП и подобрать необходимые средства автоматизации.

Список литературы

1 Фаликов, В. С. Автоматизация тепловых пунктов [Текст] : справ. пособие / В. С. Фаликов, В. П. Витальев. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 256 с. – Библиогр.: с. 251-252. – ISBN 5-283-00085-0.

2 Витальев, В. П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплопотребления [Текст] : справочник / В. П. Витальев, В. Б. Николаев, Н. Н. Сельдин. – М. : Стройиздат, 1988. – 623 с. : ил. – ISBN 5-274-00054-1.

3 Стуков, А. С. Достоинства и недостатки автоматизации систем теплоснабжения / А. С. Стуков // Школа молодых новаторов : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 13 июня 2023 года / Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2023. – С. 379-381.

4 Малахов, А. Наступила эпоха модульных решений... / Алексей Малахов // Энергосбережение. – 2014. – № 2. – С. 24-25.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМОМЕТРА KISTLER В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Терентьев А.А., Логинов В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Изучение дисциплин «Процессы и операции формообразования», «Технология высокопроизводительной обработки материалов» и «Теория резания материалов» предполагает в числе других результатов обучения, которые характеризуют этапы формирования компетенций, знание методик проведения натурных экспериментов по исследованию силовых зависимостей и влияния различных факторов на составляющие силы резания, освоение методов анализа экспериментальных данных и приобретение навыков обработки результатов натурных экспериментов.

Это обусловлено тем, что силы резания определяют не только нагрузку на систему «станок – приспособление – инструмент - деталь», но и температуру резания, стойкость режущего инструмента, производительность, точность и качество обработки, и мощность, необходимую для осуществления процесса резания.

Использование динамометров и методик обоснованного назначения режимов резания позволяет обеспечить максимальную производительность обработки и необходимую размерную стойкость режущего инструмента посредством комплексной оценки температурно-силового фактора, воздействующего на деталь и инструмент.

При проведении лабораторных работ по исследованию влияния различных факторов на силы резания на протяжении многих лет использовался универсальный динамометр Мухина (УДМ) конструкции Всесоюзного научно- исследовательского инструментального института (ВНИИ). Однако данный прибор не отвечает современным требованиям к измерительным динамометрическим системам. Он обладает невысокой точностью определения силы резания, отсутствует возможность подключения к персональному компьютеру для визуализации регистрируемых данных с последующим их сохранением в файл, чтобы производить обработку данных средствами современного программного обеспечения.

В настоящее время на кафедре технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов для исследования силовых зависимостей и влияния различных факторов на составляющие силы резания используется многокомпонентный динамометр Kistler 9287B (рисунок 1), который позволяет измерять силы резания и крутящие моменты при точении, фрезеровании, шлифовании и других видах обработки.

Динамометр состоит из трехкомпонентных датчиков усилия, установленных с высоким предварительным натягом между опорной плитой и верхней

плитой. Каждый датчик содержит три пары кварцевых пластин, одна из которых чувствительна к давлению в направлении *z*, а две другие реагируют на сдвиг в направлениях *x* и *y* соответственно.

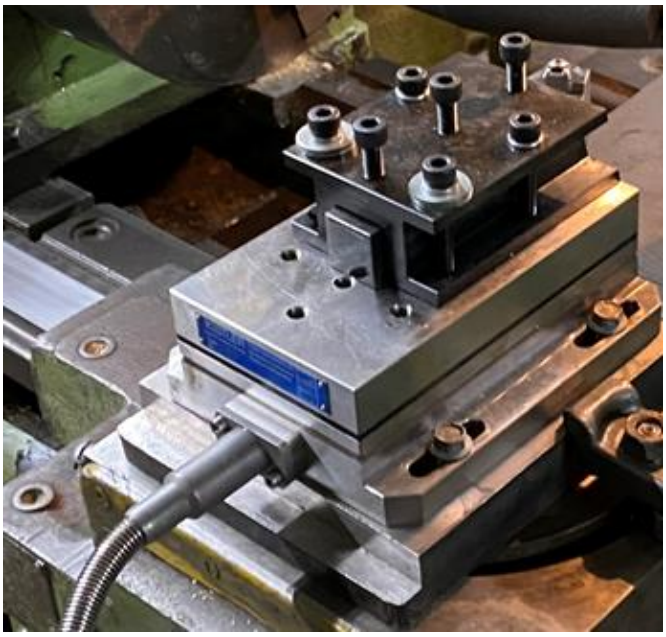


Рисунок 1 – Многокомпонентный динамометр Kistler 9287B

Динамометр соединяется с лабораторным усилителем сигнала и блоком сбора данных типа 5167A81, к которому подключается ноутбук с установленным программным обеспечением DynoWare (рисунок 2).

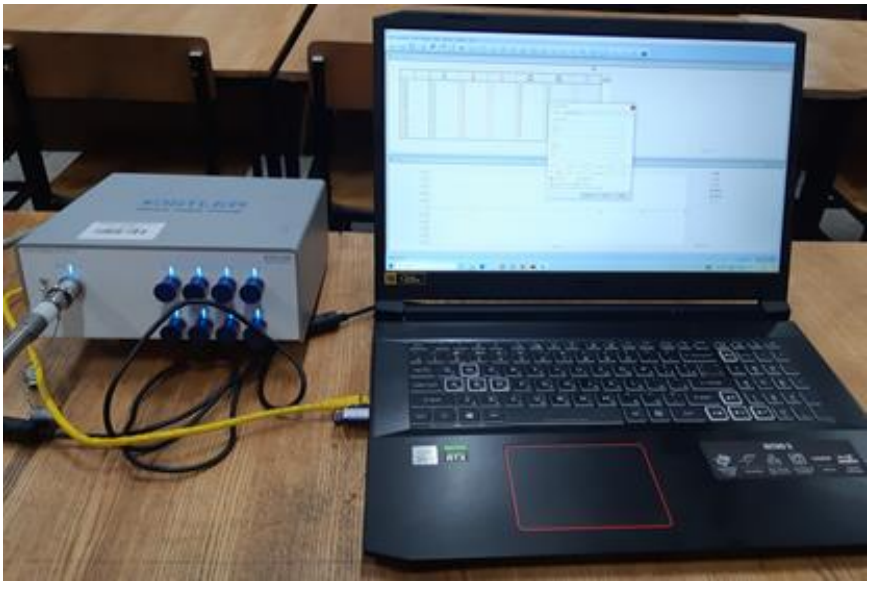


Рисунок 2 – Усилитель сигнала и блок сбора данных, подключенный к ноутбуку

Программное обеспечение Dynoware в комплексе с задачами автоматизации экспериментальных исследований на динамометре позволяет проводить обработку собранных данных, с высоким быстродействием и качеством представления конечных результатов [1].

Данное программное обеспечение позволяет производить необходимую для пользователя настройку и управление измерительными приборами Kistler, обеспечивает визуализацию измеряемых параметров в режиме реального времени вместе с функциями расчета и графики. Графический пользовательский интерфейс может отображать различные значения измерений (например, текущее значение, минимальное/максимальное значение, среднеквадратичное значение).

Для определения влияния элементов режима резания на составляющие сил резания проводятся три серии экспериментов. В первой серии устанавливается зависимость составляющих сил резания от глубины резания, во второй – от величины подачи, в третьей – от скорости резания.

На рисунке 3 приведен график изменения сил резания во времени для одного из экспериментов.

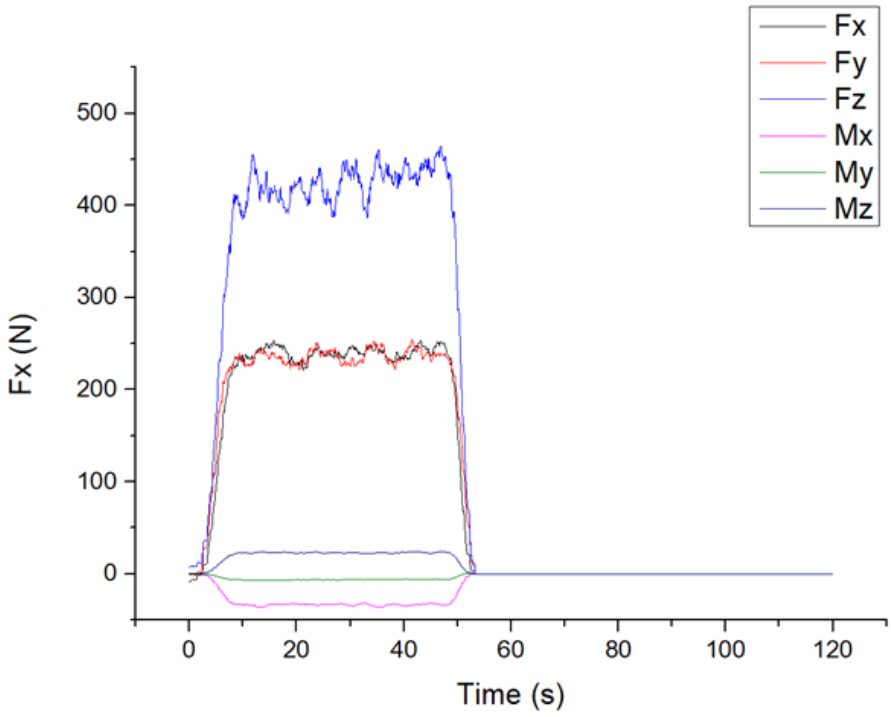


Рисунок 3 – График изменения сил резания

Важным свойством Dynoware является возможность сохранения регистрируемых данных в файл, допускающий обработку данных средствами стороннего программного обеспечения [2], например, Excel, электронными таблицами LibreOffice, MatLab, Origin и т.п.

Далее средствами выбранного программного обеспечения обрабатываются экспериментальные данные и строятся соответствующие графики, на основе

которых делаются выводы о влиянии различных факторов на силы резания и находятся численные значения коэффициентов и показателей степени.

Список литературы

1 Утенков, В.М. Возможности использования динамометра Kistler для испытания металлорежущих станков / В.М. Утенков, П.А. Быков // Инженерный вестник. – 2012. – № 10. – С. 9.

2 Программное обеспечение DYNOWARE. Руководство по эксплуатации.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОТ ФАКТОРОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Толокольникова Е.С., Козлова Е.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Подготовка высококвалифицированных инженерных кадров выступает одним из основополагающих показателей качества высших учебных заведений по требованиям отраслей аэрокосмической промышленности и развитостью высокотехнологичного научно- технического прогресса страны [1]. Согласно ФГОС 3++ от 2020 года система подготовки специалистов аэрокосмического направления включает в себя направления [2]:

- 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»;
- 24.03.02«Системы управления движением и навигация»;
- 24.03.03 «Баллистика и гидроаэродинамика»;
- 24.03.04 «Авиастроение»;
- 24.03.04 «Двигатели летательных аппаратов».

Аэрокосмическое образование будущих специалистов осуществляется на основе компетентностного подхода, которые в ходе усвоения определенных дисциплин получают новые обширные специфические знания, практические умения и владения навыками технической работы, управления электронными системами навигации и осуществления научно- исследовательских и опытно-конструкторских (НИОКР) в сфере аэрокосмических технологий и пилотирования аэрокосмических судов.

Освоение основных образовательных программ в системе бакалавриата начинается с изучения фундаментальных академических дисциплин, таких как математика, физика, информатика, химия, с уклоном основ аэронавтики, а также специальных дисциплин, связанных с аэрокосмической техникой и технологиями.

Кроме того, обучающиеся уже с первого курса проходят профильную практику в ведущих организациях аэрокосмической отрасли, что позволяет преподавателям средне профессионального и высшего образования развить у обучающихся основы научно- исследовательской и экспериментальной работы, развить в них творческие основы психолого- педагогического направления образного мышления в данной сфере.

Уже в школьные годы, путем системы профориентационной работы с подростками и старшими школьниками должны быть заложены, согласно «Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года» основы правильного выбора и «улучшения условий для эффективного взаимодействия детских и иных общественных объединений с образовательными организациями общего, профессионального и дополнительного образова-

ния в целях содействия реализации и развития лидерского и творческого потенциала детей, а также с другими организациями, осуществляющими деятельность с детьми в сферах физической культуры и спорта, культуры и других сферах, привлечение детей к участию в социально значимых познавательных, творческих, культурных, краеведческих, спортивных и благотворительных проектах, в волонтерском движении, расширение государственно-частного партнерства в сфере воспитания детей»[3].

Данная Стратегия также направлена на «популяризацию научных знаний среди детей подразумевающей:

- содействия повышению привлекательности науки для подрастающего поколения, поддержку научно-технического творчества детей;
- создания условий для получения детьми достоверной информации о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, повышения заинтересованности подрастающего поколения в научных познаниях об устройстве мира и общества» [3].

На сегодняшний день дополнительное аэрокосмическое образование как дополнительный внеклассный кружок или объединение в школах и лицеях очень актуально среди подростков. В данных кружках они знакомятся с богатым историческим наследием аэрокосмических достижений великих ученых, инженеров и испытателей, космических астронавтов, знакомятся с основами учебно- исследовательской работы, социально- педагогической коммуникации, художественно –техническим способам моделирования реальных объектов. Дополнительным стимулом для молодежи являются различные космические обсерватории, мемориальные музеи космонавтики и Планетарии в различных городах. Великие исторические труды К.Э. Циолковского, А.Л. Чижевского, С.П. Королева пробуждают в подростках давние мечты человечества о путешествии в космосе, научно- технического образа мышления, а также развивают в них интеллектуальный и творческий потенциал аэрокосмических исследований в данной области.

Проводимые различные городские конференции на аэрокосмические темы, интеллектуально- творческие турниры по космонавтике и авиации, городские фестивали и выставки творческих научных проектов, авиационных и космических моделей, в конечном итоге только стимулируют подростков и их родителей творческому началу и инженерным изысканиям.

Огромная заинтересованность государства в аэрокосмическом и инженерном образовании реализуется через создание сети технопарков для школьников почти во всех городах Российской Федерации. Технопарки представляют собой образовательно- инженерные пространства, оснащенные современными инновационными устройствами робототехники, тренажерами – симуляторами для различных профессиональных умений и навыков, столами электротехники и электроники, графическими планшетами дизайна, современными компьютерами для создания программных продуктов и создания звуко- и видеоконтента и др.

Все это вместе взятое способствуют формированию у подростков естественно- научную основу и изобретательское мышление для подготовки поступления их в инженерно- технические средне профессиональные колледжи и высшие учебные заведения Российской Федерации. Согласно Стратегии 2030 развития высших учебных заведений, именно вуз выступает как университетский комплекс - региональный центр образования, науки и культуры.

В данных учебных заведениях они непосредственно соприкасаются с основами инженерного образования, согласно образовательным программам.

Именно в данных учебных заведениях обучающиеся полностью раскрывают свой интеллектуальный потенциал творческой и изобретательской работы, начинают дополнительно изучать соответствующую литературу и проводить различные дискуссии и коммуникации в областях культуры, науки и аэрокосмонавтики.

Важной частью образовательной программы для бакалавриата является то, что они направлены на развитие научно-исследовательской работы, которая позволяет студентам проводить собственные исследования и вносить свой вклад в развитие аэрокосмической отрасли. В результате обучения студенты должны обладать комплексом знаний и навыков, позволяющих им успешно работать в сфере аэрокосмических технологий, участвовать в научных исследованиях и разработках, а также осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с требованиями рынка труда.

Ведущими государственными и частными компаниями или работодателями в наши дни в области аэрокосмической отрасли выступают:

-Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК) - занимающаяся производством гражданской и военной авиации, а также производством авиационных двигателей.

- Российская самолетостроительная корпорация «МиГ» - специализирующийся на производстве истребителей и учебно-боевых самолетов.

- «Калашников» - известен своими авиационными двигателями и военной авиацией.

- Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина - занимающийся разработкой и производством транспортных самолетов.

- Вертолеты России - специализирующиеся на производстве вертолетов различных типов и назначений.

- «Росавиация» - это федеральное агентство воздушного транспорта Российской Федерации. Оно занимается контролем и надзором за деятельностью авиакомпаний, аэропортов, авиационных учебных заведений и других организаций, связанных с авиационной отраслью. Кроме того, Росавиация осуществляет выдачу сертификатов летной годности на воздушные суда и организует работу по обеспечению безопасности полетов.

- «Роскосмос» - это федеральное государственное космическое агентство Российской Федерации. Оно занимается разработкой и производством космических технологий, запуском и управлением космических аппаратов, а также осуществляет научно-исследовательские работы в области космической дея-

тельности. Роскосмос также является одним из ведущих участников международного сотрудничества в области космических исследований.

- зарубежные - SpaceX, The Boeing Company, Airbus.

На сегодняшний день система подготовки специалистов аэрокосмического направления в высших учебных заведениях имеет следующие структурные области:

- авиации, включающей в себя типы авиации (гражданская, военная, грузовая, пассажирская) и ее элементов. Руководит всей системой авиационной отрасли государственная служба управления авиации, которая отвечает за разработку и реализацию государственной политики в данной области. Они занимаются регулированием и контролем за деятельностью авиакомпаний, аэропортов, производителями авиационных судов, научные и исследовательские центры, службы обслуживания воздушного движения и авиационных учебных заведений, других организаций, связанных с авиацией;

- ракетостроения, зависящий от типа ракетостроения (гражданское, военное и космическое). Государственный орган управления в ракетостроении руководит разработкой и реализацией государственной политики в данной области. Они занимаются контролем проектирования, разработки, изготовлением и испытанием ракетных систем и комплексов, запуском и управлением космических аппаратов и спутников, разработкой новых технологий, материалов для ракетостроения, производством отдельных компонентов и систем для ракетных систем, тестированием и проверкой ракетных систем и комплексов, контролем и управлением космических аппаратов и спутников в космическом пространстве.

- космонавтики, зависящей от типа космонавтики (гражданская, военная и космическая). Они управляют космонавтическим агентством и космическим центром - подготовкой и обучением космонавтов, а также управлением космическими аппаратами и спутниками, занимаются разработкой новых технологий и материалов для космонавтики, проектированием, разработок, изготовлением и испытанием космических аппаратов и спутников, а также контролем и управлением космических аппаратов и спутников в космическом пространстве.

В наши дни аэрокосмическое образование - это в первую очередь процесс обучения и воспитания инженерной культуре, который направлен на формирование у обучающихся знаний, умений и навыков в области авиации, ракетостроения, космонавтики и других связанных с ними наук. Важными аспектами аэрокосмического образования являются научные и методические аспекты подготовки высококвалифицированных специалистов.

Научные аспекты аэрокосмического образования включают в себя изучение фундаментальных наук, таких как физика, математика, химия, астрономия и другие. Эти науки являются основой для понимания принципов работы авиационных и космических систем, а также для разработки новых технологий и материалов.

Методические аспекты аэрокосмического образования включают в себя разработку учебных программ, методик и технологий обучения. Важно учиты-

вать возрастные и индивидуальные интеллектуальные особенности обучающихся, а также использовать современные методы и средства обучения, такие как компьютерные технологии, интерактивные учебники, виртуальные лаборатории и т.д.

Также важным аспектом аэрокосмического образования является практическая деятельность. Обучающиеся должны иметь возможность применять полученные знания на практике, работая с реальными авиационными и космическими системами, а также участвовать в проектах и научных исследованиях в этой области.

В целом, научные и методические аспекты аэрокосмического образования играют важную роль в формировании компетентностных специалистов в этой области и способствуют развитию науки и технологий в авиационной и космической отраслях.

ФГОС 3++ 2020 структура аэрокосмического образования включает в себя следующие компоненты:

1. Общеобразовательная часть, которая включает в себя изучение фундаментальных дисциплин, таких как математика, физика, информатика, химия, иностранный язык и другие.

2. Профессионально-ориентированная часть, которая включает в себя изучение специальных дисциплин, связанных с аэрокосмической техникой и технологиями, таких как аэродинамика, гидродинамика, механика, электротехника, радиоэлектроника, космические технологии и другие.

3. Практики и научно-исследовательская работа, которые позволяют студентам применять полученные знания на практике и проводить собственные исследования в области аэрокосмических технологий.

4. Выполнение выпускной квалификационной работы, которая является заключительным этапом обучения и предполагает самостоятельное выполнение проекта или исследования в области аэрокосмических технологий.

В целом, структура аэрокосмического образования в соответствии с ФГОС 3++ 2020 года предполагает комплексное обучение студентов, включающее в себя как фундаментальные знания, так и специальные знания и навыки, необходимые для успешной работы в сфере аэрокосмических технологий.

Наряду с большим количеством великих достижений аэрокосмической отрасли также существуют и отдельные проблемы связанные:

- Финансированием - аэрокосмические проекты требуют значительных финансовых вложений, что может быть проблематично в условиях ограниченного бюджета;
- Технические проблемы - разработка новых технологий и материалов для космических аппаратов является сложной задачей, которая может привести к техническим проблемам и неудачам;
- Международное сотрудничество - аэрокосмическая отрасль является международной, поэтому проблемы взаимодействия и сотрудничества между различными странами и организациями могут затруднить ее развитие;

- Конкуренция - на рынке аэрокосмических услуг существует жесткая конкуренция, которая может ограничить возможности российских компаний;
- Кадры - аэрокосмическая отрасль требует высококвалифицированных специалистов, что может быть проблемой в условиях недостатка квалифицированных кадров.

В настоящее время одним из немаловажных проблем является защита топливных систем воздушного судна от факторов микробиологического воздействия. Она является актуальной задачей аэрокосмической отрасли и направлена на обеспечение безопасности полетов и пассажиров, сохранности авиационной техники.

Механизм микробиологического воздействия показывает, что «микроорганизмы, попадая в топливо и развиваясь в нем, используют углеводороды керосина в качестве единственного источника углерода. Помимо топлива, существенному поражению подвергаются и полимерные материалы, герметики, грунтовки, ЛКП, используемые в качестве защитных покрытий, которые также могут служить питательной средой для микроорганизмов. Коррозии подвергаются и металлические материалы – особенно сплавы, содержащие повышенные концентрации магния, что связано с потребностью микроорганизмов в специфических металлах.

Рост и развитие микроорганизмов в топливе приводит к его засорению, так как образуются различные осадки, слизистые пленки (обрастание топливных фильтров, стенок бак-кессонов, трубопроводов). Кроме того, происходит накопление продуктов жизнедеятельности - вторичных метаболитов, в основном органических кислот, что вызывает сильное подкисление топливной среды до pH=2,8. Это вызывает дополнительную коррозию топливных резервуаров и магистралей» [4-6].

Для этого применяются следующие химические и технические методы:

- применение специальных биоцидных средств. Эти средства позволяют уничтожать или замедлять рост микроорганизмов, которые могут находиться в топливе или в воздухе, и таким образом предотвращать их попадание в топливные системы;

- это использование фильтров и сепараторов, которые позволяют удалять микроорганизмы и другие загрязнения из топлива и воздуха. Эти устройства могут быть установлены как на входе в топливную систему, так и внутри нее;

- применение специальные процедур обслуживания и очистки топливных шлангов и баков. Они включают в себя регулярную проверку и очистку топливных баков, трубопроводов и фильтров, а также применение специальных средств для очистки и дезинфекции.

- соблюдение правил хранения и транспортировки топлива. Топливо должно храниться в специальных емкостях, которые обеспечивают его сохранность и защиту от загрязнения.

Список литературы

1. Геращенко А.Н. Отечественное аэрокосмическое образование: традиции, тенденции и перспективы развития [Текст]/ А.Н. Геращенко // Высшее образование в России. - 2019. - № 7. – С. 101-113.

2. ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата «Авиационная и ракетная техника» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://fgosvo.ru/fgosvo/index/24/24, свободный (дата обращения 04.01.2024). – Загл. с экрана.

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 года № 996-р «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/f5Z8H9tgUK5Y9qtJ0tEFnyHlBitwN4gB.pdf , свободный (дата обращения 04.01.2024). – Загл. с экрана.

4. Емельянов О.И., Полякова А.В. Защита топлив и материалов топливных систем самолетов от микробиологического поражения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-topliv-i-materialov-toplivnyh-sistem-samoletov-ot-mikrobiologicheskogo-porazheniya/viewer, свободный (дата обращения 05.01.2024). – Загл. с экрана.

5. Кривушина А.А. Микромицеты в авиационном топливе : автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.2.12/ Кривушина Анастасия Александровна; МГУ им. М.В. Ломоносова. - Москва, 2012. -18с.

6. Dong Hu, Jie Zeng, Shangshu Wu, Xi Li, Chengsong Ye, Wenfang Lin, Xin Yu. A survey of microbial contamination in aviation fuel from aircraft fuel tanks // Folia Microbiol (Praha), 2020. No65(2). pp.371-380.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАННЫХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

Третяк С.Е., Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Сегодня компьютеризация активно проникает в наше общество, играя ключевую роль в жизни людей. Благодаря сканирующим технологиям, многие процессы, которые ранее выполнялись вручную, теперь автоматизированы. 3D-сканеры стали неотъемлемым инструментом для множества промышленных отраслей по всему миру благодаря их высокой точности, мобильности и универсальности. Они помогают определить качество и возможные дефекты продукта. Кроме того, они обеспечивают возможность оптимизации деталей без необходимости в документации или CAD-моделях, что может значительно уменьшить время на проектирование новых деталей.

3D-сканирование - это процесс визуального сканирования объекта из реального мира для сбора данных, необходимых для воссоздания его формы и внешнего вида в цифровой форме. Этот процесс преобразовывает объект в 3D-модель, которая может служить основой для разработки 3D-проекта, а также может быть использована для реконструкции, анализа или моделирования.

Портативные 3D-сканеры обычно применяются для контроля качества изделий, включая определение размеров или сравнение продукта с эталонной моделью САПР.

Это исследование актуально и значимо как с теоретической, так и с практической точки зрения. С теоретической стороны, оно способствует развитию обработки изображений, являющейся важной областью искусственного интеллекта. С практической стороны, оно предлагает решения для ускорения производственных процессов, необходимых в машиностроении[1].

Актуальность задачи сканирования деталей в производстве обусловлена растущей потребностью в деталях, которые ранее импортировались, но теперь доступ к ним ограничен. В связи с десятым пакетом антироссийских санкций, Евросоюз запретил экспорт в Россию многих промышленных товаров, включая более 200 таможенных кодов.

Из-за ограничений на экспорт деталей возникла необходимость в их копировании и создании аналогов. Однако 3D-сканеры, используемые для этой цели, имеют высокую стоимость. Кроме того, следует учесть индивидуальную стоимость лицензионного программного обеспечения для каждого сканера. В то же время, технологии матричных камер в смартфонах значительно продвинулись, и бюджетные модели с камерами предоставляют отличное качество изображения, а также включают встроенные редакторы для корректировки[2].

На рисунке 1 представлены сравнительные цены 3D-сканеров и смартфона с камерой.

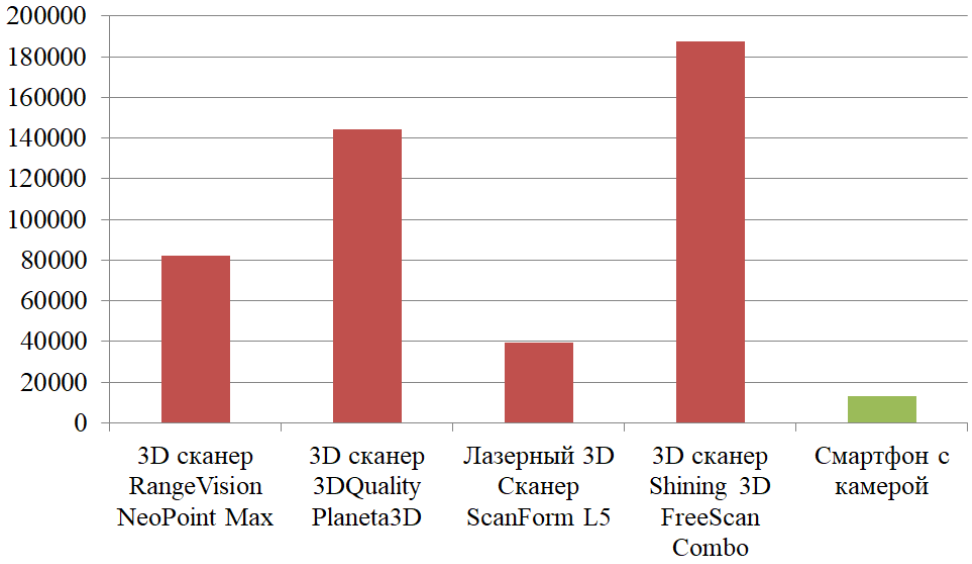


Рисунок 1 – Цена 3D сканеров

"В конечном итоге, объективные причины для создания системы построения чертежей на основе изображений деталей включают:

- высокую стоимость 3D-сканеров;
- сокращение экспорта деталей из-за границы.

На производственных предприятиях требуются чертежи различных компактных деталей. После подготовки деталей, очистки от загрязнений и маркировки отверстий и граней, деталь фотографируется с трех сторон. Затем фотографии загружаются в программное обеспечение, где после распознавания изображений производится экспорт и печать чертежа детали для дальнейшей передачи сотрудникам производства.

Для создания изображений достаточно использовать смартфон с камерой и обеспечить адекватное освещение. Для распознавания фотографий программное обеспечение будет использовать сверточные нейронные сети.

Сверточная нейронная сеть - это продвинутая версия искусственных нейронных сетей, применяемая для идентификации объекта из матричного набора данных, представленного в форме сетки. Примером визуальных наборов данных могут быть изображения или видео. Основой данной нейросети является функция свертки изображения, для нахождения размера и положения объекта, а также его распознования. На рисунке 2 показан пример свертки двух матриц.

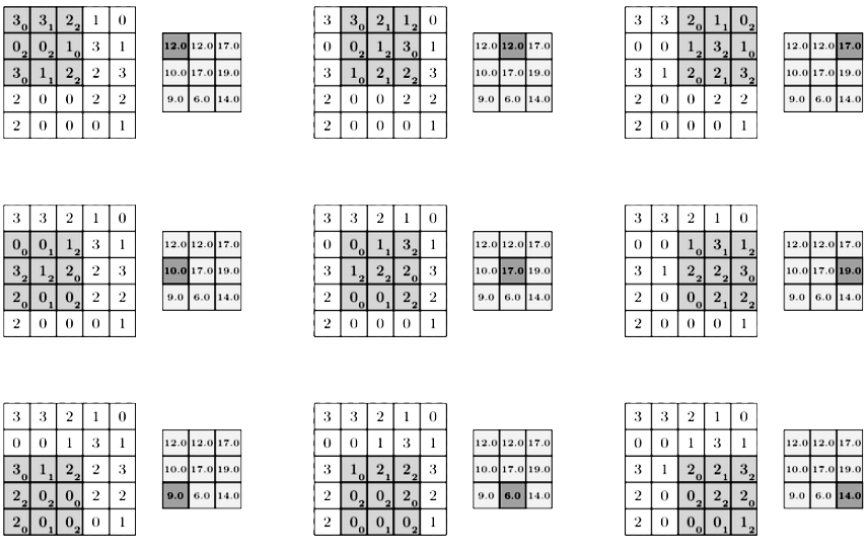


Рисунок 2 – Пример свертки двух матриц[6]

Для того, что бы наглядно представить моделируемые процессы в организации для разработчика ПО, используется язык диаграмм IDEF3[3,4,5].

IDEF3 - это инструмент для моделирования, который применяется для создания модели или структурированного описания системы. Система может включать любую комбинацию оборудования, программного обеспечения и людей. Модель IDEF3 включает в себя диаграммы и текстовые страницы, которые описывают объекты, представленные на диаграммах. Диаграммы являются ключевыми элементами модели.

На рисунке 3 представлены смоделированные процессы производства, в котором будет использоваться программный продукт построения чертежей по фотографиям детали.

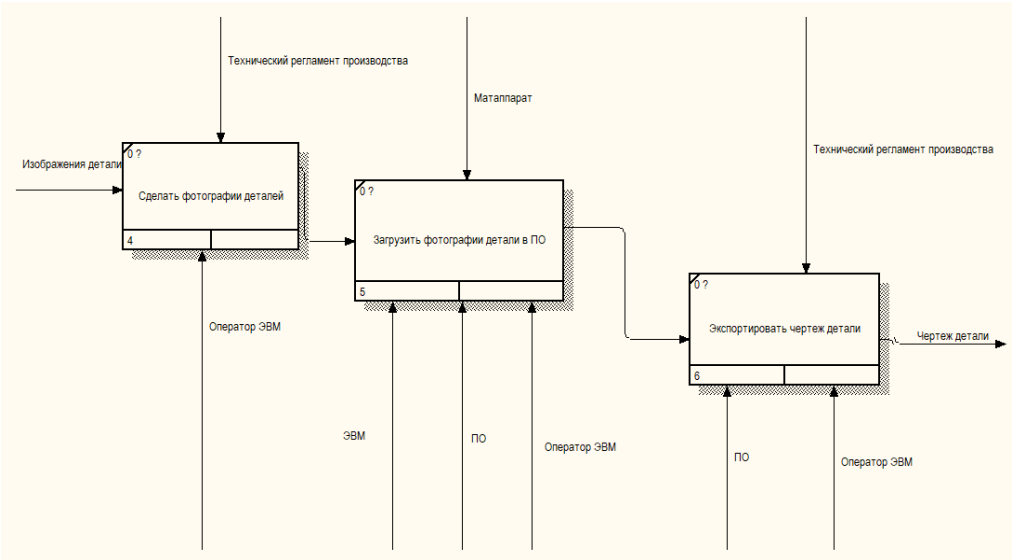


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма в нотации IDEF3

Диаграмма потоков данных (DFD) визуализирует последовательность информации, участников и этапов в контексте процесса или системы. Она использует специфический набор символов, каждый из которых отображает людей и процессы, необходимые для правильной передачи данных в системе.

Диаграммы потоков данных обычно применяются для графического отображения потока данных в рамках информационной системы. Диаграмма DFD представлена на рисунке 4.

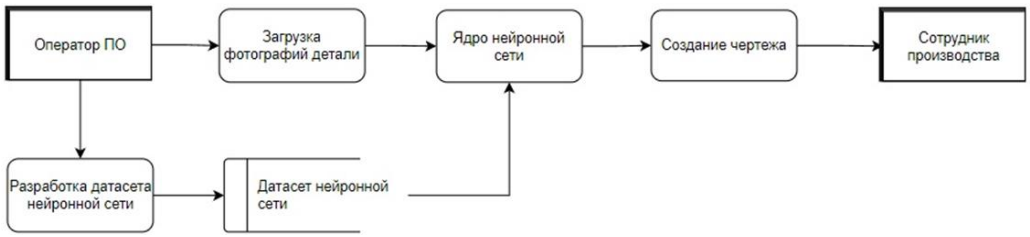


Рисунок 4 – Диаграмма потоков данных DFD

На основе описанной выше информации, можно определить, что:

− объект исследования – программное обеспечение создания чертежей деталей на основе распознанных изображений детали;

− предмет исследования – методы, средства сканирования деталей производства для создания чертежей;

− границы исследований – создание малогабаритных деталей простых форм.

Цель работы: автоматизация информационных процессов создания чертежей деталей на основе распознанных фотографических изображений.

Задачи для достижения цели:

1. системный анализ информационных процессов создания чертежей на предмет выявлений частных признаков эффективности.

2. разработка модели оценки критерия распознавания форм деталей и правила определения физического размера.

3. разработки прототипа ПО создания чертежей деталей на основе распознанных фотографических изображений

4. экспериментальная оценка эффективности предложенных технических решений

В результате данной работы была описана предметная область, приведены обоснования проблем эксплуатации информационных систем предметной области, анализ аналогов средств автоматизации информационных процессов и формирование цели, задач для её достижения и выдвижение гипотезы. Также, в рамках данной работы произведен сбор и обработка материалов аналитической части научного исследования, отображено обоснование необходимости и актуальности разработки программной системы. Выявлены противоречия между требованиями практики и состоянием теории построения средств автоматизации информационных процессов. Произведен системный анализ информацион-

ных процессов предметной области. Таким образом, цель данной научно-исследовательской работы достигнута.

Список литературы

1. От мостов до розеток: какие товары Евросоюз запретил поставлять в Россию. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rbc.ru/economics/01/03/2023 (дата обращения: 22.12.2023).
2. Компания Top 3D Shop занимается поставками, сервисом и наладкой Профессионального и Персонального 3D-оборудования: 3D-принтеры, 3D-сканеры, ЧПУ станки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://top3dshop.ru (дата обращения: 22.12.2023).
3. Волкова, Т. В. Выпускная квалификационная работа бакалавра [Электронный ресурс] : методические указания для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 09.03.04 Программная инженерия / Т. В. Волкова, Н. А. Соловьев, Л. А. Юркевская; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2015. - 102 с.
4. Соловьев, Н. А. Системы автоматизации разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Соловьев, Е. Н. Чернопрудова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2012. - ISBN 978-5-4417-0086-3. - 191 с- Загл. с тит. экрана. Издание на др. носителе: Системы автоматизации разработки программного обеспечения [Текст] : учеб. пособие / Н. А. Соловьев, Е. Н. Чернопрудова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет. - 2012. - 192 с.: ил.; 11,9 печ. л. - ISBN 978-5-4417-0086-3. - Библиогр.: с. 182-183. - Прил.: с. 184-191
5. Зубкова, Т. М. Технология разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.04 Программная инженерия, 09.03.02 Информационные системы и технологии / Т. М. Зубкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. прогр. обеспечения вычисл. техники и автоматизир. систем. - Оренбург : ОГУ. - 2017. - ISBN 978-5-7410-1785-2. - 468 с- Загл. с тит. Экрана
6. Сверточные нейронные сети. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Сверточные_нейронные_сети (дата обращения: 22.12.2023).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ЭТАЛОННОГО ОПИСАНИЯ КЛАССОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ

Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При разработке систем распознавания образов (объектов, ситуаций) закономерно возникает задача определения фиксированного алфавита классов (задача классификации), так как «процесс машинного распознавания образов предполагает реализацию с использованием программно-управляемых средств автоматизированных или автоматических процедур отнесения предъявленных объектов к одному из заранее заданных классов на основе измерения и анализа их признаков» [1].

В ходе решения задачи классификации разработчики систем машинного распознавания (СМР) исходят, прежде всего, из запросов потребителей информации о распознавании объекта для применения соответствующего воздействия к этому объекту. При этом понятно, что подлежащие распознаванию классы объектов характеризуются близкими по значениям параметрами. Это означает, что требуется усреднение всех возможных значений параметров каждого класса при эталонном описании их признаков.

Однако, часто на практике некоторые из оцениваемых признаков отдельных объектов одного из классов фиксированного алфавита по отдельным параметрам существенно отличаются от остальных объектов этого класса.

В качестве примера таких «выпадающих» из общего ряда объектов класса, можно привести, так называемые «самолеты-невидимки» в составе класса радиолокационных аэродинамических целей радаров военного назначения, оборудованных СМР. Другим примером могут служить различные и многочисленные типы беспилотных летательных аппаратов. Наличие таких «выпадающих» объектов заметно сказывается на результатах их распознавания.

В работе [2] для повышения качества радиолокационного распознавания воздушных целей предлагается повысить уровень детализации эталонного описания классов за счет раздельного представления в нем наиболее отличающихся по отдельным признакам типов объектов.

При использовании в СМР вероятностных методов распознавания эталоны классов на языке признаков обычно задаются эмпирически определенными законами распределения вероятностей (ЗРВ) признаков. При гистограммном задании функций ЗРВ [3] повышение уровня детализации эталонного (априорного) описания классов может быть достигнуто разбиением диапазонов изменений значений признаков на большее число градаций. Для исключения неприемлемого роста затрат памяти на хранение эталонов классов их раздельное описание следует производить только для наиболее отличающихся признаков.

Естественно предположить, что чем выше уровень детализации эталонных (априорных) описаний признаков классов объектов, тем качественнее работает СМР.

Однако, в рамках исследований, направленных на синтез эффективных алгоритмов распознавания объектов для СМР, требуется получить количественные оценки влияния уровня детализации эталонного описания классов на достоверность распознавания. Такие оценки были получены авторами работы в ходе проведения имитационного эксперимента, результаты которого представлены в данной статье.

Эксперимент проводился с использованием имитационной модели процесса распознавания, описанной в работе [4]. Данная модель использовалась для оценки влияния порога гарантированного распознавания на достоверность распознавания с контекстом [5], а также для оценки влияния помех и погрешностей измерения признаков на достоверность распознавания [6].

В данной модели имитируется работа четырех алгоритмов распознавания объектов:

– индивидуального алгоритма (ИА) – распознавания по правилу обобщенного голосования;

– алгоритма распознавания с контекстом (АРК1), когда в качестве контекста используются результаты предварительно гарантированно распознанных объектов;

– алгоритма распознавания с контекстом (АРК2), когда в качестве контекста используются результаты предварительно распознанных с некоторой мерой доверия объектов;

– составного граф-схемного алгоритма (СГСА), когда распознавание группы объектов осуществляется по составному правилу Байеса с использованием специальной граф-схемной процедуры, учитывающей объективную взаимозависимость их состава.

Решающие правила для этих алгоритмов представлены в работах [2, 7, 8].

Для повышения уровня детализации априорных описаний классов в модели сформирован дополнительный алфавит $\{A_{il}\}$, в котором каждый класс объектов A_i разделен на подклассы A_{i1}, A_{i2}, …, A_{il}, …, A_{iL}, включающие в том числе и «выпадающие» объекты.

В обозначениях подклассов дополнительного алфавита:

– индекс $i \in \{1, \ldots, M\}$ определяет условный номер основного класса в алфавите из M классов;

– индекс $l \in \{1, \ldots, L\}$ определяет условный номер подкласса в дополнительном алфавите из L подклассов.

Для реализации в модели СГСА распознавания в соответствии с дополнительным алфавитом $\{A_{il}\}$ разработаны минимальные граф-схемы перебора вариантов групп N-го размера, где $N \in \{1, \ldots, 10\}$.

В качестве количественного показателя, позволяющего оценить вклад предложенного варианта повышения уровня детализации эталонного описания классов на достоверность распознавания объектов, в модели используется

средняя ошибка распознавания $\lambda_{ср}$ классов основного алфавита. Причем сравнительная оценка такого вклада проводится не по абсолютным значениям средней ошибки распознавания $\lambda_{ср}$ для каждого алгоритма, а по величине снижения средней ошибки (повышения средней достоверности) распознавания относительно базового алгоритма (в данном случае это ИА):

– для АРК1 – $\Delta\lambda_{ср\ АРК1\text{-}ИА}$;

– для АРК2 – $\Delta\lambda_{ср\ АРК2\text{-}ИА}$;

– для СГСА – $\Delta\lambda_{ср\ СГСА\text{-}ИА}$.

Целесообразность использования относительных оценок обуславливается тем, что они обеспечивают большую адекватность результатов моделирования.

Результаты имитационного эксперимента представлены на рисунке 1.

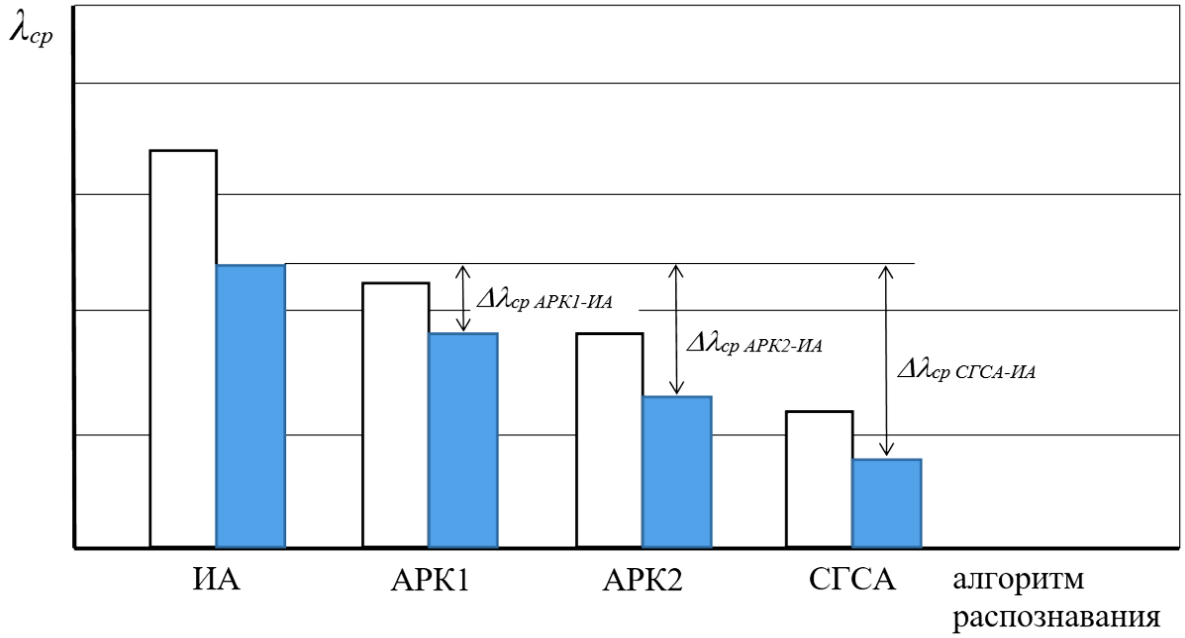


Рисунок 1 – Гистограмма значений средней ошибки распознавания $\lambda_{ср}$ для исследуемых алгоритмов распознавания

На рисунке 1 незатемненные столбцы гистограммы соответствуют значениям $\lambda_{ср}$ для исследуемых алгоритмов при использовании эталонных описаний признаков по основному алфавиту, а затемненные столбцы – по дополнительному алфавиту.

Результаты проведенного имитационного эксперимента свидетельствуют о том, что повышение уровня детализации эталонных описаний классов на языке признаков позволяет обеспечить существенный прирост достоверности распознавания объектов. При этом следует иметь ввиду, что практическая реализация такого подхода в СМР в качестве «платы» за полученный «выигрыш» потребует некоторого увеличения затрат на хранение априорных данных. Количественные значения таких затрат необходимо отдельно рассчитывать для каждой конкретной СМР и для каждого алгоритма распознавания.

Список литературы

1 Трипкош, В.А. Синтез алгоритма машинного распознавания ситуаций на основе составной байесовской процедуры принятия решений / В.А. Трипкош, С.С. Акимов // Научно-технический вестник Поволжья, 2022. – № 6. – С. 91-95.

2 Горелик, А.Л. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн. – Москва: Радио и связь, 1990. – 240 с.

3 Шепель, В.Н. Модернизация метода гистограмм для определения законов распределения вероятности / В.Н. Шепель, С.С. Акимов // Вестник Оренбургского государственного университета, 2014. – № 9 (170). – С. 179-181.

4 Трипкош, В.А. Моделирование процесса распознавания производственных ситуаций в информационно-управляющих системах предприятий и организаций / В.А. Трипкош // Актуальные проблемы экономической деятельности и образования в современных условиях: Оренбургский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2017. – С. 199-204.

5 Трипкош, В.А. Оценка влияния порога гарантированного распознавания на достоверность распознавания с контекстом / В.А. Трипкош, С.С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 26-27 января 2022 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. – С. 1690-1693.

6 Трипкош, В.А. Оценка влияния помех и погрешностей измерения признаков на достоверность распознавания производственных ситуаций / В.А. Трипкош, С.С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 26-27 января 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 1838-1842.

7 V.N. Shepel', N.V. Speshilova, V.A. Tripkosh, R.R. Rakhmatullin. (2020). Contextual Approach to Industrial Situation Recognition. TEM Journal, 9(3), 944-950. – URL: http://www.temjournal.com/content/93/TEMJournal August_944_950.pdf - DOI: 10.18421/TEM93-15.

8 Шепель, В.Н. Алгоритм распознавания производственных ситуаций в информационно-управляющих системах на основе решения составной байесовской задачи / В.Н. Шепель, В.А. Трипкош // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2017. – № 12/2017. – с. 97-101.

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ НА МАСТЕР-КЛАССАХ КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ СФЕРА ПАРТНЕРСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ

Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент,
Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Партнерство университетов со средними образовательными учреждениями (школами, гимназиями, лицеями) представляет собой ключевой элемент успешной профориентационной работы, обеспечивая доступ к экспертному мнению, ресурсам и реальным инсайтам в мир профессиональной деятельности.

Школьная профориентация в современной России переживает период активного подъема, вызванный обострением кадровых потребностей экономики, усилением общественного внимания к профориентации детей и молодежи, включением ранней профориентации в число государственных приоритетов [1].

В настоящее время ряд нормативных документов однозначно подчеркивают важность организации деятельности по модернизации системы профессиональной ориентации для детей и молодежи. С целью формирования осознанности и способности к выбору обучающимся профессиональной траектории реализуется проект «Билет в будущее» для создания и функционирования системы мер ранней профессиональной ориентации школьников 6–11 классов в рамках Плана мероприятий по реализации федерального проекта «Успех каждого ребенка» и национального проекта «Образование» [2, 3]. Регулирование деятельности осуществляется Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», в котором устанавливаются принципы государственной политики в области образования, включая профориентационную работу [4], и регламентируется Концепцией развития дополнительного образования детей до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 31.03.2022 г. № 678-р) [5].

Профориентационная работа в современных образовательных учреждениях, зачастую регламентируемая договорами о сотрудничестве, играет важную роль в формировании карьерных планов учащихся, помогая им осознать свои таланты, интересы и потенциал для будущего обучения и работы. Как правило, предметом таких договоров между вузом и образовательным учреждением становится сотрудничество в области инновационной образовательной деятельности, выявления и поддержки талантливых детей, реализации дополнительных общеобразовательных программ, развития системы ранней профессиональной ориентации обучающихся и содействие эффективному функционированию образовательного кластера «школа – вуз».

Образовательные кластеры становятся все более важным аспектом образовательной системы. Они представляют собой форму организации и взаимодействия образовательных учреждений в целях повышения качества образования и создания благоприятной среды для обучения и развития. В качестве основных преимуществ таких образовательных кластеров можно выделить следующие:

− увеличение доступности образования;
− информационная поддержка;
− совместное развитие и планирование программ;
− подготовка карьерных трасс, создание гибких траекторий обучения;
− развитие профессиональной подготовки;
− повышение качества обучения;
− подготовка к дальнейшему обучению.

Образовательные кластеры − это нечто гораздо большее, чем просто совокупность образовательных учреждений. Они открывают перед школьниками огромные возможности для погружения в образовательную среду, насыщенную различными аспектами учебного процесса. Рассмотрим подробнее некоторые из базисных преимуществ, которые предоставляют образовательные кластеры:

Во-первых, это интеграция знаний и ресурсов. Путем объединения сил и ресурсов различных учебных заведений, образовательные кластеры становятся центром совместных исследований, обмена знаниями и опытом. Это позволяет создавать более полные и интегрированные образовательные программы, дополняющие теоретическое обучение практическими навыками и опытом.

Во-вторых, адаптивность к потребностям учащихся. Благодаря гибким траекториям обучения, созданным при участии нескольких образовательных учреждений, образовательные кластеры позволяют будущим студентам еще в среднем звене школы выбирать карьерные пути, учитывающие их уникальные интересы, таланты и потребности. Это также способствует обеспечению подготовки специалистов, готовых отвечать на вызовы современного рынка труда.

В-третьих, организация неоднократных визитов в университет (в рамках договоров о сотрудничестве) позволяет учащимся получить представление о том, как функционирует образовательный процесс на более высоком уровне. Это помогает понять, какими навыками и знаниями нужно овладеть, чтобы успешно учиться в университете и работать в выбранной сфере деятельности.

Кластеры в сфере образования, науки и техники играют важную роль в стимулировании сотрудничества, инноваций и развитии в соответствующих отраслях. Они создают благоприятные условия для роста и прогресса, позволяя учреждениям и компаниям взаимодействовать, обмениваться знаниями и достигать синергетических эффектов [6].

Практическое обучение может стать отличной базой для дальнейшего обучения инженерным дисциплинам в вузах. Применение интерактивных методов демонстрации является ключом к привлечению внимания и пониманию возможности применения полученных знаний на практике.

Для пробуждения у детей и подростков интереса к профессиональному самоопределению используются «точки входа» — эмоционально насыщенные события, такие как погружение в профессиональный контекст, общение с увлеченными профессионалами, состязания в профессиональном мастерстве [7].

В настоящий момент активно развиваются технические направления подготовки, что обусловливает необходимость накопления знаний и их практическое применение в различных областях фундаментальных наук. Их основная цель – это решение задач профессиональной ориентации обучающихся в области приобретения знаний теоретических основ и практических навыков, а также мотивация к изучению технических дисциплин, среди которых весьма важную роль имеет механика как основной раздел физики твердого тела.

Обучение фундаментальным принципам механики является ключевым элементом развития инженерного и научного мышления. Одним из наиболее эффективных методов обучения как сугубо фундаментальным, так и научным дисциплинам являются мастер-классы, позволяющие получить практические навыки и глубокое понимание теоретических основ.

Мастер-классы по механике представляют собой мощный и интересный инструмент обучения, способствующий формированию глубокого понимания фундаментальных принципов механики и развитию инженерных навыков, оставляя светлые воспоминания о знакомстве с миром науки и техники.

Мастер-классы позволяют увидеть, как теоретические знания применяются на практике, что помогает усвоить материал более глубоко. Решение практических задач в рамках мастер-классов требует аналитического мышления, логического построения рассуждений и креативных подходов, способствуя развитию инженерных навыков.

Кафедра механики материалов, конструкций и машин Оренбургского государственного университета в течение длительного времени активно занимается проведением профориентационных мероприятий, как организуемых самостоятельно, так и в рамках участия в проектах вуза.

В частности, в рамках проектов «Университетские субботы», «Университетский лекторий», «Инженерные каникулы», «Инженерные ростки», программы интенсивной подготовки по формированию у обучающихся общеобразовательных организаций базовых практических компетенций инженерного профиля и блока креативных индустрий, были проведены мастер-классы «Танцующие конструкции», «Инженерные расчеты и компьютерное моделирование», «Бумажный сопромат», «Как работают конструкции», «Висячий мост: принцип работы и конструкция», «Изучение свойств арочных конструкций с использованием интерактивных моделей», «Как найти равновесие?», «Мир мостов в твоих руках» и многие другие.

Подробная информация о проведенных мастер-классах освещается в официальной открытой группе кафедры механики материалов, конструкций и машин в социальной сети ВКонтакте [8], а также на сайте университета [9].

На занятиях учащиеся знакомятся с основными понятиями и законами механики, методами расчетов элементов конструкций, приобретают первона-

чальные навыки работы в программном комплексе по моделированию и расчету конструкций, а также пробуют себя в роли проектировщиков настоящих конструкций.

Для всех мастер-классов разработаны и внедрены образовательные программы, базирующиеся на принципах STEM-подхода к обучению, и предполагающие освоение материала на начальном уровне. При этом у школьников сформировываются некоторые компетенции, которые позволят:

- понимать основные принципы работы различных конструкций;
- моделировать и изготавливать конструкции из разных материалов, удовлетворяющие требованиям прочности и устойчивости;
- использовать теоретические знания для решения практических задач, в том числе развивая навыки коммуникации, сотрудничества, взаимодействия и распределения обязанностей в команде;
- находить решения проблем на основе креативного подхода и критического мышления.

Все участники мероприятий активно участвуют в решении поставленных задач, задают вопросы и проявляют большой интерес к изучению механики, а также моделированию и расчетам конструкций.

Таким образом, эффективная профориентация помогает учащимся лучше понять свои интересы и возможные пути развития, что стимулирует их личностный и профессиональный рост, а интеграция университетов и средних образовательных учреждений позволяет расширить образовательные горизонты учащихся и вдохновить их на успех в будущем.

Когда профориентационная деятельность организована с планомерностью и целью, она становится ориентированной на соответствие экономическим потребностям конкретного региона. Поэтому важно, чтобы профориентационные программы формировали предложения, отвечающие спросу на региональном или субрегиональном рынке труда.

Сбалансированное понимание потребностей и требований местного рынка труда способствует более эффективной подготовке будущих специалистов и их успешной интеграции в рабочую среду. Подобный подход к профориентации, реализуемый в Оренбургском государственном университете на кафедре механики материалов, конструкций и машин, обеспечивает более прочное соответствие между образовательными программами и потребностями рынка труда, что, в конечном итоге, способствует лучшей устойчивости трудового рынка и социально-экономическому развитию Оренбургского региона.

Список литературы

1. Сергеев, И.С. Образовательная профориентация и школьная профориентация: совпадение в пространстве, расхождение в смыслах / И.С. Сергеев // ИНСАЙТ. −2023. −№3 (15). −С. 11-48.

2. Милинис, О.А. Профориентация в условиях образовательного кластера - точки роста для социального партнерства / О.А. Милинис, О.Е. Баютова // Теория и практика социогуманитарных наук. −2020. −№2 (10). −С. 42-48

3. Об утверждении методических рекомендаций о реализации проекта «Билет в будущее» в рамках федерального проекта «Успех каждого ребенка»: распоряжение Министерства просвещения РФ от 23.09.2019 № Р-97. − URL: https://docs.edu.gov.ru/document/9b13cece54db601d1a8c0e9cc6b7a7d7/download/2307/ (дата обращения: 10.01.2024).

4. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». – Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/36698 (дата обращения: 11.01.2024).

5. Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 31 марта 2022 г. № 678-р с изменениями от 15 мая 2023 года). – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/3fIgkklAJ2ENBbCFVEkA3cTOsiypicBo.pdf (дата обращения: 11.01.2024).

6. Алтынник, Н.И. Профориентационная деятельность в Белгородской области / Н.И. Алтынник // Педагогика и просвещение. – 2023. – № 3. – С. 62 - 73. DOI: 10.7256/2454-0676.2023.3.43944 EDN: VHEWVK URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=43944

7. Сергеев И.С. Образовательная профориентация - методологическая основа профориентационой работы с детьми и молодежью / И.С. Сергеев // Профессиональное образование и рынок труда. −2023. −№1 (52). −С. 24-44.

8. Официальная открытая группа кафедры механики материалов, конструкций и машин в социальной сети ВКонтакте. – Режим доступа: https://vk.com/mechanics_osu (дата обращения: 09.01.2024).

9. Официальный сайт Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университете». – Режим доступа: http://www.osu.ru/ (дата обращения: 09.01.2024).

НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Хайдаров Т.Д., Циклер О.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Аннотация: В данной статье проводится анализ научных и методических аспектов аэрокосмического образования, охватывающего области аэронавтики и астронавтики. Статья исследует историческое развитие этой дисциплины, начиная с первых теоретических работ и заканчивая современными технологическими и методическими инновациями. Особое внимание уделяется научным основам аэрокосмического образования, включающим физику, математику, астрономию и инженерные науки. Рассматриваются современные методические подходы в образовании, включая использование цифровых технологий и проектно-ориентированное обучение. Анализируются глобальные и региональные аспекты, подчеркивая роль аэрокосмического образования в международном контексте. В статье также обсуждаются текущие проблемы и перспективы развития аэрокосмического образования, подчеркивая его важность для подготовки специалистов, способных вносить вклад в научные и технологические исследования и инновации в аэрокосмической отрасли.

В современном мире, где научно-технический прогресс движется с неимоверной скоростью, аэрокосмическое образование приобретает особенную значимость. Это направление образования охватывает изучение и применение различных аспектов аэронавтики и астронавтики, включая конструирование и использование летательных аппаратов, как в атмосфере Земли, так и в космическом пространстве.

Цель данной статьи – осветить ключевые научные и методические аспекты аэрокосмического образования, подчеркнув его важность и вклад в развитие современных научных и инженерных достижений. Мы рассмотрим историческое развитие данной области, основные научные принципы, которые лежат в её основе, а также методические подходы, используемые в обучении. Кроме того, особое внимание будет уделено влиянию новейших технологий на аэрокосмическое образование, а также его глобальным и региональным аспектам.

Аэрокосмическое образование играет важную роль в подготовке специалистов, способных вносить значительный вклад в научные исследования и практическое применение полученных знаний в аэрокосмической отрасли. Оно подчеркивает необходимость междисциплинарного подхода, сочетающего физику, математику, инженерию, технологии и многие другие области знаний.

Аэрокосмическое образование имеет богатую и многообразную историю, которая началась задолго до полетов человека в космос. Основоположниками в этой области были такие ученые, как Константин Циолковский, Роберт Годдард

и Вернер фон Браун, которые заложили теоретические и практические основы для будущих космических исследований.

Ранние этапы:

– конец 19 – начало 20 века: первые теоретические работы и эксперименты, связанные с ракетостроением и полетами в космическое пространство;

– 1920-е – 1930-е годы: развитие ракетной техники, усиление интереса к космическим полетам.

Развитие в средине 20 века:

– вторая мировая война: значительный прогресс в ракетостроении, связанный с военными нуждами;

– холодная война: гонка за космическое превосходство между СССР и США способствовала бурному развитию аэрокосмической науки и образования;

– 1960-е годы: первый пилотируемый полет в космос и высадка человека на Луну стали мощным стимулом для дальнейшего развития аэрокосмической области;

Конец 20 –начало 21 века:

– расширение области исследований: включение в программы обучения аспектов спутниковой связи, дистанционного зондирования Земли, разработки межпланетных миссий;

– международное сотрудничество: станция Мир, Международная космическая станция (МКС) и другие международные проекты способствовали развитию образовательных программ [1].

Этот исторический контекст подчеркивает, что развитие аэрокосмического образования тесно связано с ключевыми научными открытиями и технологическими достижениями каждого периода. Он также отражает, как менялись образовательные потребности со временем, от первоначального акцента на аэродинамике и ракетостроении до современных мультидисциплинарных подходов, включающих космическую биологию, космическое право и даже астроэкономику.

Аэрокосмическое образование опирается на целый ряд научных дисциплин, обеспечивая комплексный подход к изучению и применению знаний в области аэронавтики и космонавтики. Эти научные основы включают физику, математику, астрономию, инженерию и многие другие области.

Физические принципы:

– механика: законы Ньютона, принципы динамики и статики, важные для понимания движения и структуры летательных аппаратов;

– термодинамика и аэродинамика: изучение потоков жидкости и газа, теплообмена, важных для проектирования и эксплуатации летательных аппаратов;

– электромагнетизм: основы радиосвязи, навигации и дистанционного зондирования.

Математические модели:

– прикладная математика: разработка моделей и алгоритмов для решения инженерных и научных задач в аэрокосмической сфере;

– статистика и вероятность: важны для анализа данных, испытаний и оценки рисков;

Астрономические и космические исследования:

– астрономия: изучение космических объектов и явлений, важное для планирования космических миссий;

– астрофизика: понимание физических свойств и процессов во Вселенной, влияющих на космические полеты.

Инженерные дисциплины:

– материаловедение: разработка новых материалов для космических аппаратов, устойчивых к экстремальным условиям космоса;

– электроника и робототехника: проектирование и создание сложных систем управления и навигации.

Интеграция наук:

– междисциплинарный подход: объединение различных научных дисциплин для решения комплексных задач;

– непрерывное обновление знаний: постоянное внедрение новейших научных исследований и технологических инноваций в учебные программы [2].

Научные основы аэрокосмического образования формируют основу для подготовки специалистов, способных к инновациям и решению сложных технических и научных задач. Важно отметить, что успехи в этой области напрямую зависят от глубокого понимания и интеграции различных научных дисциплин.

Эффективное аэрокосмическое образование требует применения продвинутых методических подходов, которые сочетают теоретические знания с практическими навыками. Основными элементами этих подходов являются:

Интерактивное обучение:

– лабораторные и практические занятия: активное вовлечение студентов в эксперименты и проектную деятельность;

– использование симуляторов: особенно важно для тренировки полетных навыков и испытаний аэрокосмической техники.

Применение технологий:

– цифровые образовательные ресурсы: электронные учебники, онлайн-курсы и интерактивные платформы;

– технологии виртуальной и дополненной реальности: для визуализации сложных концепций и имитации реальных условий.

Проектно-ориентированный подход:

– командные проекты: разработка и реализация проектов, которые способствуют развитию командной работы и инженерных навыков;

– сотрудничество с промышленностью и научными учреждениями: предоставление студентам возможности работать над реальными проектами.

Непрерывное обновление программ:

– адаптация курсов к современным трендам: регулярное обновление учебных программ с учетом последних научных и технологических достижений;

– гибкость в учебных планах: возможность выбора курсов, соответствующих интересам и карьерным целям студентов[3].

Эти методические подходы способствуют созданию образовательной среды, которая мотивирует студентов на активное участие в обучении и исследованиях, развивает критическое мышление и навыки решения комплексных задач.

В современном аэрокосмическом образовании технологии играют ключевую роль, оказывая значительное влияние на методы преподавания и обучения. Развитие и внедрение инновационных технологических решений приводит к созданию более эффективных и интерактивных образовательных практик, что особенно важно в такой динамично развивающейся и требовательной области, как аэрокосмическая индустрия.

Использование цифровых технологий, таких как машинное обучение и большие данные, улучшает процесс анализа и обработки научной информации, что позволяет студентам более глубоко погружаться в сложные научные вопросы. Технологии виртуальной и дополненной реальности открывают новые возможности для визуализации и моделирования космических и аэронавтических процессов, делая обучение более наглядным и понятным.

Кроме того, развитие сетевых технологий и онлайн-платформ способствует расширению доступа к аэрокосмическому образованию. Онлайн-курсы и дистанционные образовательные программы позволяют студентам из разных стран получать знания от ведущих экспертов в этой области. Это также способствует международному научному сотрудничеству и обмену знаниями.

Интеграция современных технологий в учебный процесс также подразумевает необходимость постоянного обновления учебных программ и методик, чтобы оставаться в курсе последних достижений в области аэрокосмических технологий. Это требует от образовательных учреждений гибкости и адаптивности к быстро меняющемуся технологическому ландшафту.

Таким образом, технологии являются не только инструментом для улучшения процесса обучения, но и существенной частью содержания аэрокосмического образования, подготавливая специалистов к работе в высокотехнологичной и инновационной среде.

Аэрокосмическое образование, расположенное на пересечении науки, технологий и международного сотрудничества, имеет как глобальные, так и региональные измерения. В разных странах мира этот вид образования принимает уникальные формы, определяемые культурными, экономическими и политическими особенностями, а также национальными приоритетами в области науки и технологий.

В странах с развитой аэрокосмической индустрией, таких как США, Россия, Китай и страны Европейского космического агентства, аэрокосмическое образование тесно связано с национальными космическими программами и

промышленными проектами. Это обеспечивает студентам доступ к передовым научным исследованиям и практическому опыту, а также способствует интеграции образовательных и научно-исследовательских усилий.

Однако в странах, развивающих свои аэрокосмические программы, образование в этой области может сталкиваться с рядом вызовов, включая ограниченный доступ к ресурсам, необходимость обновления оборудования и программ, а также потребность в квалифицированных преподавателях и исследователях. В этих условиях международное сотрудничество и обмен знаниями становятся ключевыми факторами для развития аэрокосмического образования.

В глобальном контексте аэрокосмическое образование способствует межкультурному обмену и взаимопониманию, подготавливая специалистов, которые могут работать в международных командах и вносить вклад в глобальные исследовательские проекты. Оно также играет важную роль в подготовке нового поколения ученых и инженеров, способных справляться с глобальными вызовами, такими как изменение климата, исследование космоса и развитие устойчивых технологий[4].

Таким образом, аэрокосмическое образование не только формирует основу для научных и технологических достижений в области космоса, но и способствует развитию международного сотрудничества и понимания, что является ключевым фактором для прогрессивного развития человечества.

Аэрокосмическое образование сегодня стоит перед рядом вызовов и перспектив, отражающих динамичное развитие научно-технической сферы и меняющиеся потребности общества. Одной из основных проблем является необходимость постоянного обновления учебных программ и оборудования для соответствия последним научным и технологическим достижениям. Это требует значительных инвестиций и поддержки как со стороны государства, так и частного сектора.

С другой стороны, аэрокосмическое образование сталкивается с проблемой доступности, особенно в странах, где отсутствуют развитые космические программы и собственные научно-исследовательские ресурсы. Это создает необходимость в международном сотрудничестве и обмене знаниями для обеспечения равного доступа к образовательным ресурсам.

Кроме того, важной задачей является привлечение молодежи к изучению аэрокосмических дисциплин. Современное образование должно не только передавать знания, но и вдохновлять, показывая реальные перспективы и новаторские исследования в области космоса. Это включает в себя не только технические аспекты, но и широкий спектр связанных областей, таких как космическое право, политика и экономика.

Перспективы развития аэрокосмического образования связаны с ростом интереса к космическим исследованиям, как со стороны государственных, так и частных компаний. Это открывает новые возможности для карьеры и исследований, а также стимулирует инновации в методах обучения и практическом применении полученных знаний[5].

В конечном итоге, будущее аэрокосмического образования будет определяться его способностью адаптироваться к меняющемуся миру, поддерживать международное сотрудничество и инновации, а также вдохновлять следующее поколение исследователей космоса и инженеров. Это будет способствовать не только научному и технологическому прогрессу, но и формированию более широкого понимания и уважения к космической среде и ее значению для человечества.

В заключении, статья подводит итог всему, что было изложено в предыдущих разделах, подчеркивая актуальность и многообразие аэрокосмического образования. Аэрокосмическая сфера является одной из наиболее динамично развивающихся и инновационных областей науки и техники, требующей комплексного и мультидисциплинарного подхода в обучении.

Обсуждение научных и методических аспектов аэрокосмического образования показывает, как важно интегрировать различные научные дисциплины и методы обучения для подготовки квалифицированных специалистов, способных вносить вклад в развитие космических исследований и технологий. От исторического развития этой области до современных технологических инноваций, аэрокосмическое образование продолжает эволюционировать, адаптируясь к текущим и будущим вызовам.

Проблемы и перспективы, стоящие перед аэрокосмическим образованием, подчеркивают необходимость постоянного обновления и адаптации образовательных программ, развития международного сотрудничества и интеграции новейших технологий в учебный процесс. Важность этой области образования выходит за рамки подготовки специалистов и касается развития глобального понимания космической среды и ее роли в жизни человечества.

В заключение, аэрокосмическое образование не только формирует основу для будущих научных и технологических достижений, но и способствует формированию глобального видения, вдохновляя новые поколения исследователей и инженеров на изучение и покорение космических пространств.

Список литературы

1 Оптимизация методов обучения студентов аэрокосмических специальностей техническому переводу [Электронный ресурс]. // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология – 2023. – Т. 29. – №. 3 – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-metodov-obucheniya-studentov-aerokosmicheskih-spetsialnostey-tehnicheskomu-perevodu (дата обращения: 07.01.2024).

2 Педагогические факторы профессиональной подготовки будущих инженеров аэрокосмических специальностей на занятиях иностранным языком (к 90-летию МАИ) [Электронный ресурс]. // Мир науки. Педагогика и психология. – 2020. – Т. 8. – №. 1 – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskie-faktory-professionalnoy-podgotovki-buduschih-inzhenerov-aerokosmicheskih-spetsialnostey-na-zanyatiyah-inostrannym (дата обращения: 07.01.2024).

3 Роль межпредметных связей при обучении студентов переводу аэрокосмических терминов [Электронный ресурс]. // Ответственный редактор. – 2021. – №. 3 – URL: https://cyberleninka.ru/Rol'/mezhpredmetnykh/svyazey/pri/obuchenii/studentov/perevodu/aerokosmicheskikh/ terminov (дата обращения: 07.01.2024).

4 Аэрокосмическое образование в России. особенности подготовки кадров в условиях глобальных изменений [Электронный ресурс]. // Мониторинг. – 2022. Т. 8. – №. 3 – URL: https://cyberleninka.ru/Aerokosmicheskoye/obrazovaniye/v/Rossii/osobennosti/podgotovki/kadrov/v/usloviyakh/rezkikh/izmeneniy (дата обращения: 07.01.2024).

5 Космическое мировоззрение в системе непрерывного образования [Электронный ресурс]. // Сервис plus. – 2020. – Т. 14. – №. 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kosmicheskoe-mirovozzrenie-v-sisteme-nepreryvnogo-obrazovaniya (дата обращения: 07.01.2024).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКОЙ

Ходжаев М.М., Псянчина Р.Р.,
Рулев Д.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Сварка – это процесс получения неразъёмных соединений деталей кристаллической решеткой. Расщепление и последующее соединение кристаллических решёток происходит при усилении колебаний амплитуды атомов в узлах. Для этого необходимо повысить энергию этих атомов. Энергия может передаваться разными методами, например, электрической дугой, трением, пламенем, давлением и электронным лучом.

Изделия из титановых и высоколегированных сплавов свариваются при помощи электронного луча. Электроннолучевая сварка производится в вакуумной камере, где отсутствуют элементы, способные мешать преобразованию электронов, а так же нет элементов, ионизирующихся под действием высокого напряжения для создания дугового разряда. Исходя из этого, для создания электронного луча необходимы электроны и электрическое поле, под действием которого электроны устремятся к детали. Электроннолучевая аппаратура (ЭЛА) – это комплекс приборов для получения электронного луча и управления им. В состав ЭЛА входит источник напряжений питания электроннолучевой пушки (ЭЛП), источники тока фокусировки и токов развертки (или отклонения луча).

При ручном режиме проведение процесса сварки электронным лучом кольцевых швов, высококвалифицированный оператор-сварщик управляет ЭЛА, а именно параметрами:

1) UG – выходное напряжение комплектного высоковольтного источника питания (КВИП);
2) IG – выходной ток КВИП;
3) UF – напряжение источника накала спирали (ИПНС);
4) IF – ток источника накала спирали (ИПНС);
5) UE – напряжение источника электронного накала (ИПЭН);
6) IE – ток источника электронного накала (ИПЭН);
7) UD – напряжение звена постоянного тока (DC) КВИП;
8) US – выпрямленное напряжение входной сети КВИП;
9) t – время разгона выходного тока КВИП.

Необходимыми процедурами для запуска процесса сварки являются:

- включение блоков управления;
- введение выше перечисленных параметров;
- прогрев кристалла гексоборида лантана и вывод на рабочий ток;
- вывод ЭЛП в заданную позицию.

В момент введения выходного тока, при открытии управляющего электрода, луч устремляться к катоду на полной скорости, в следствии получаемый удар частиц о деталь, и выбросы раскалённого металла образуют кратер. На рисунке 1 представлена гистограмма параметра выходного тока в процессе образовании кратера.

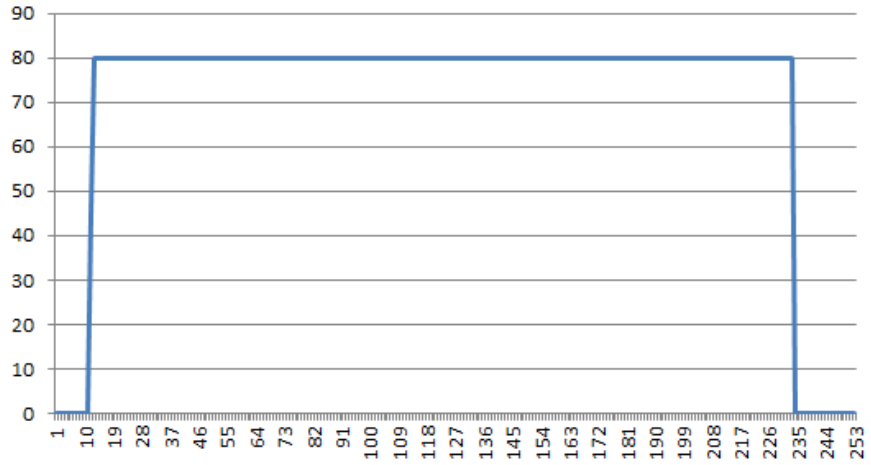


Рисунок 1 – Гистограмма параметра выходного тока в процессе образовании кратера

Для предотвращения образования кратера оператор-сварщик управляет подачей выходного тока (рисунок 2). Таким образом, минимизируется выброс раскаленного металла. На рисунке 2 представлена гистограмма параметра выходного тока, котрый регулируется оператором-сварщиком во время работы КВИП.

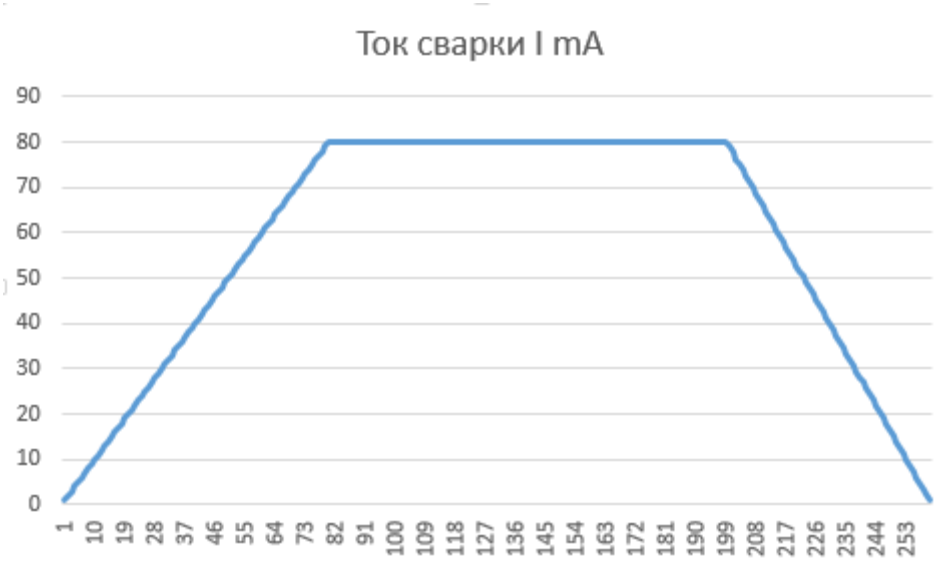


Рисунок 2 – Гистограмма параметра выходного тока, регулируемого оператором-сварщиком

Сварка одного кольцевого шва электронно-лучевой пушкой производится в три этапа. Первый этап заключается в прогреве металла с током 50% от рабочего тока. На втором этапе электронный луч повторяет траекторию движения по стыку шва с 100% рабочим током. Завершающим этапом сварки является заглаживание шва с расфокусированным лучом. На каждом этапе оператор-сварщик производит регулировку рабочего тока для входа в «стык» и выхода из «стыка» свариваемых образцов-деталей.

Исходя из выше изложенного, необходимо автоматизировать процесс сварки кольцевых швов электроннолучевой установки для увеличения объёмов производства путем минимизирования человеческого участия в процессе сварки. Это повлияет на качество сварного шва и повторяемость процесса.

В автоматизированной системе управление процессом сварки будет осуществляться через ЧПУ. Блок ЧПУ будет управлять дискретными сигналами включением тока сварки, а аналоговыми сигналы будет осуществляться регулирование силы тока и регулирование фокуса луча на поверхности детали-образца.

В автоматизации процесса сварки кольцевого шва электронным лучом, за регулировку рабочего тока для входа в «стык» и выхода из «стыка» осуществляется через контроллер «Овен». Для мониторинга времени необходим дополнительный параметр. Этот дополнительный параметр вводится с помощью человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) и отображает время в секундах, необходимое для ввода/вывода в «стык» рабочего тока. Так же данный параметр увеличивает повторяемость процесса сварки, за счёт отсутствия человеческого фактора.

Контроллер, получая сигналы от ЧПУ и ЧМИ, вырабатывает дискретные сигналы управления источником напряжения питания электронно-лучевой пушки, а так же цифровым источником питания постоянного тока фокусировки. Программа работы контроллера производит регулирование тока сварки плавным нарастанием тока. Через ЧМИ производится наблюдение и регулирование параметров процесса сварки. А так же с помощью ЧМИ воспроизводится управление фокусировкой луча путём подачи сигналов управления по шине связи RS-485 в источник напряжения питания электроннолучевой пушки и в цифровой источник питания постоянного тока фокусировки.

Список литературы

1 Электронно-лучевая сварка [электронный ресурс] – Режим доступа: https://sterbrust.tech/spravochnik/svarka/ehlektronno-luchevaya-svarka.html – 18.01.2024г.

2 Электронно-лучевая сварка [электронный ресурс] – Режим доступа: https://taina-svarki.ru/sposoby-svarki/elektronno-luchevaya-svarka-tehnologiya-defekty-i-oborudovanie.php – 18.01.2024г.

3 Сидоров, В.П. Электронно-лучевая сварка. Технологические особенности и оборудование : учеб. пособие / В.П. Сидоров, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 96 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПАЛЛЕТОУКЛАДЧИКА КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Цуканов А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Аэрокосмическая индустрия является одной из наиболее сложных и технологически продвинутых отраслей в мире. Каждый аспект производства и обслуживания авиационного и космического оборудования должен соответствовать высоким стандартам безопасности и эффективности.

Паллетоукладчик - это специализированное оборудование, которое предназначено для складирования и перемещения грузов на паллетах. В аэрокосмической промышленности паллетоукладчики используются для перевозки и хранения крупногабаритных аккумуляторов, двигателей, запасных частей и другого оборудования. Ранее эту операцию выполняли вручную, но с появлением новых технологий и автоматизированных систем, использование паллетоукладчика значительно упростило и ускорило процесс [1].

В данном контексте можно смело сказать, что работы, связанные с автоматизацией паллетоукладчика играют важную роль в развития аэрокосмического образования. Так, автоматизация паллетоукладчика в аэрокосмическом образовании имеет несколько преимуществ.

Во-первых, повышается бесперебойность деятельности предприятия. Автоматизированный паллетоукладчик может работать круглосуточно без необходимости перерывов на отдых или смены сменных бригад. Это особенно важно для аэрокосмической индустрии, где даже незначительная задержка в производственном процессе может иметь серьезные последствия [2].

Кроме того, автоматизация паллетоукладчиков также способствует улучшению безопасности в аэрокосмической промышленности. Ручное перемещение и укладка грузов на поддоны может быть опасным и приводить к травмам рабочих или повреждению ценных деталей. Автоматизированные системы позволяют минимизировать риски и обеспечивают более надежную и безопасную работу.

Наконец, автоматизация паллетоукладчика способствует оптимизации использования пространства на складе. Стандартные паллетоукладчики обычно имеют функции, которые позволяют работать с паллетами разных размеров и форм. Это позволяет максимально использовать доступное пространство, а также упрощает поиск и перемещение определенных грузовых единиц [3-4].

Важно отметить, что автоматизация паллетоукладчика, как и любые другие технологические приложения, требует высокой квалификации и знаний от операторов. Поэтому развитие аэрокосмического образования должно включать

в себя специальные программы, нацеленные на обучение студентов работе с автоматизированными системами и технологиями, такими как паллетоукладчики.

Благодаря использованию специального ПО и лабораторных стендов Аэрокосмического института имеется возможность произвести испытания написанной программы в стенах вуза. Так на рисунке 1 представлена созданная в программе Factory IO сцена технологического процесса автоматического паллетоукладчика [5-6].

Рисунок 1 - Сцена технологического процесса автоматического паллетоукладчика

Также с помощью данной программы можно осуществить управление технологическим процессом паллетоукладчика путем подключения программируемого логического контроллера [7]. Причем использовать можно как реальный контроллер, так и его симулятор, что сильно облегчает задачу на этапах написания программы автоматизации. На рисунке 2 представлено подключение к симулятору контроллера фирмы Siemens, отображены сигналы ввода-вывода.

Рисунок 2 – Сигналы ввода-вывода паллетоукладчика

Таким образом, научные работы и проекты студентов кафедры систем автоматизации производства Аэрокосмического института, в частности тема автоматизации паллетоукладчика является важным аспектом развития аэрокосмического образования. Разрабатывающиеся проекты по модернизации ныне установленного оборудования или внедрении новых систем, программ и т.д. повышают безопасность и эффективность работы, позволяет максимально задействовать все мощности оборудования и ускоряет производственные циклы.

Обучение студентов использованию автоматизированных систем и технологий становится неотъемлемой частью подготовки карьеры в аэрокосмической индустрии.

Список литературы

1. Шматова, М. С. Экономическая эффективность робототехнического комплекса укладки молочной продукции / М. С. Шматова, Е. В. Сытов, С. А. Воротников // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – № 3. – С. 298-308. – DOI 10.17073/2072-1633-2021-3-298-308. – EDN TSFIVD.

2. Вестхюз, Р. Разработки в области технологии паллетирования [Developments in palletizing technology] / Р. Вестхюз // Цемент и его применение. – 2015. – № 4. – С. 64-67. – EDN UNXXYB.

3. Нестеров, Д. М. Новая технологическая линия упаковки, погрузки и бесподдонного паллетирования на ОАО "Магнитогорский цементно-огнеупорный завод" / Д. М. Нестеров, С. А. Колесников // Цемент и его применение. – 2017. – № 3. – С. 50-51. – EDN ZHBNDF.

4. Баумайстер, Г. Комплектная технологическая линия фасовки, паллетирования и упаковки сыпучих строительных материалов широкого ассортимента / Г. Баумайстер // Цемент и его применение. – 2018. – № 6. – С. 62-63. – EDN YYMINV.

5. Цуканов А. В. Внедрение автоматической системы паллетирования в условиях цементного производства // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р. З. Магарила. Том 1. Химия и химические технологии. Биотехнология и продовольственная безопасность. Энергетика, электротехника и приборостроение. – Тюмень: ТИУ, 2022. – С. 452-454.

6. Бородушкина, А. Е. Автоматизация и роботизация складов / А. Е. Бородушкина // Мавлютовские чтения : материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. В 7 т., Уфа, 01–03 ноября 2020 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 14. – EDN GVNVAK.

7. Цуканов, А. В. Разработка программного обеспечения для выполнения функций упаковочного оборудования / А. В. Цуканов, К. В. Лицин // Наука и производство Урала. – 2022. – Т. 18. – С. 79-80. – EDN OSZKGI.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ИХ СВОЙСТВА

Цыбиногина Н.В., Кравцов А.Г., канд. техн. наук, доцент,
Ампилогов И.А., Козлов В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Порошковая металлургия – отрасль промышленности, охватывающая производство порошков и изделий из них, а также смесей с неметаллами, производство которых осуществляется путем нагревания до температур, близких температурам плавления основных компонентов.

Металлический порошок представляет собой группу мелких частиц металла, сплава либо металлоподобного соединения, находящихся в контакте, но не связанных между собой. Размер частиц металлического порошка, для обеспечения равномерных механических характеристик спеченного изделия, не должен превышать миллиметра. Свойства порошка напрямую зависят от метода производства и химического состава соответствующего металла. К таким свойствам относятся пирофорность, токсичность порошка в целом, форма, размер и микротвердость частиц, насыпная плотность, прессуемость и т.д.

Пирофорность – способность веществ к самовозгоранию при контакте с воздухом. Порошки таких элементов, как цирконий, алюминий, титан, вольфрам, никель, бор и т.д. обладают пирофорностью в наибольшей степени. Оксидная пленка, покрывающая порошки может препятствовать возгоранию, однако при ее отсутствии происходит активное поглощение кислорода и выделение теплоты указанными веществами. В результате порошок нагревается и возгорается. Как правило, взрыв при возгорании происходит в две стадии – взрыв по месту скопления пыли и в пределах аэрозольного облака за счет воздушной волны. Как правило, пирофорность применяемых порошков минимальна. В противном случае требуется свести ее к минимуму путем проведения поверхностного пассивирования или специальной обработки [1].

Форма частиц – характеристика внешнего вида частиц порошка. Как показано на рисунке 1 они бывают округлыми, сферическими, угловатыми, дендритные, неправильной формы, пористые, типа кубика, полигональные, чешуйчатые, шнуровидные. Форма частиц может быть охарактеризована количественной характеристикой формы, т.е. отношением значений максимального и минимального размерных параметров. Друг параметром оценки формы частиц является отношение величины удельной поверхности порошка к средней геометрической характеристике частиц. Еще одной возможностью математической характеристики формы частиц является анализ кривой, описанной вокруг проекции частица на плоскость, но этот метод редко используют в порошковой металлургии.

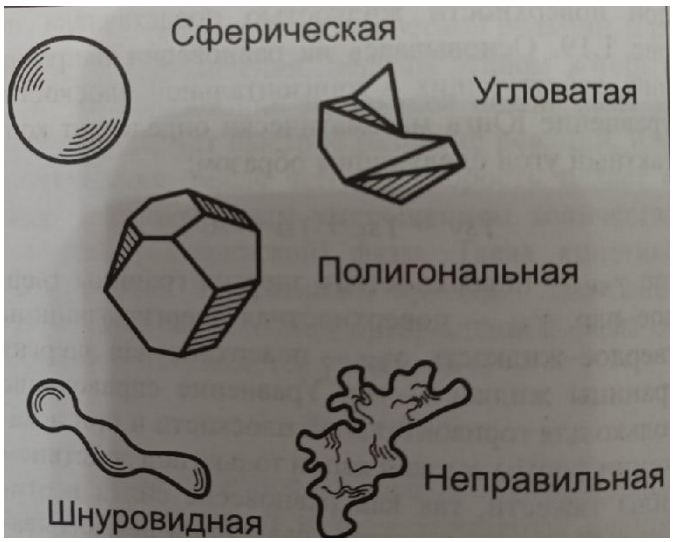


Рисунок 1 – Формы частиц в порошковой металлургии

Удельная поверхность – суммарная площадь поверхности частиц порошка, отнесенная к его массе, обычно выражается в $м^2/г$.

Истинная плотность порошка – это масса порошка, отнесенная к его объему без учета наличия пористости. Истинная плотность порошка ниже теоретической плотности материала порошка в связи с наличием частиц порошка легковесных загрязнителей на поверхности – влаги, диоксида углерода, кислорода, или полимеров.

Величину, равную плотности единицы объема свободно насыпанного порошка, называют насыпной плотностью. Последняя характеризует способность порошка к укладке, и находится в прямой зависимости от плотности металла порошка, а также фактического заполнения порошком объема.

Текучесть – характеризует способность порошка заполнять собой форму. Ухудшение данного свойства порошка прослеживается при повышении уровня влаги и уменьшении размеров частиц.

Прессуемостью принято называть расположенность порошков к когезии под давлением, в результате которой образуются прочные структурированные системы. Данное качество характеризует два других свойства порошка – уплотняемость и формуемость.

Когезия – связывание частиц порошков друг с другом под действием сил смачивающей жидкости или сил химической связи.

Уплотняемость – свойство, характеризующее величину уменьшения занимаемого порошком объема под действием давления или вибрации.

Под формуемостью подразумевают способность порошка сохранять заданную форму в интервале определенных значений плотности или пористости, при которых прессованный брикет не имеет разрушения после его извлечения из формы. Формуемость порошка находится в прямой зависимости от формы, размера и состояния поверхности частиц.

Пластификатор – компонент связки порошка, назначением которого является снижение вязкости пластифицированной смеси за счет облегчения скольжения молекул связки относительно друг друга.

Пористость – часть объема, не занятая твердой фазой материала изделия. Поры присутствуют в порошковых изделиях в виде пустот малого объема. Является безразмерной величиной и определяется соотношением плотности пористого тела и теоретической плотности материала [2].

Рисунок 2 – Пора и ее положение среди частиц

Виды пор и их положение в материале представлены на рисунке 3.

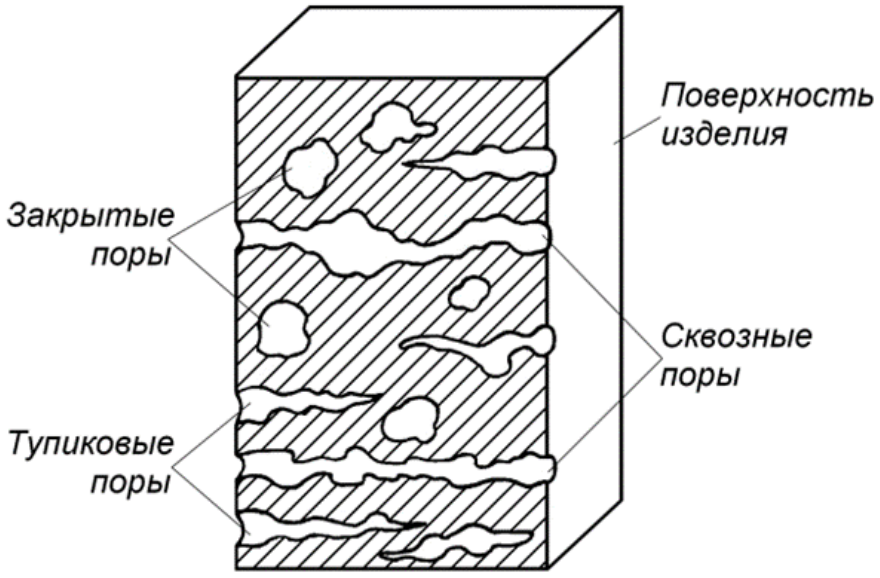


Рисунок 3 – Виды пор и их положение в материале

Список источников

1. Техника безопасности в порошковой металлургии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bstudy.net. – Дата обращения: 15.01.2024.

2. Уплотняемость, прессуемость и формуемость порошков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.org. – Дата обращения: 15.01.2024.

3. Герман, Р. М. Порошковая металлургия от А до Я : учебно-справочное пособие / Р. М. Герман. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. – 336 с. – ISBN 978-5-91559-021-2.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВ

Цыбиногина Н.В., Кравцов А.Г., канд. техн. наук, доцент,
Великанов А.А., Исимбаева Н.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На основе данных российских производителей металлических порошков, их финансовой отчётности в Федеральную службу государственной статистики (ФСГС) и данных ФТС РФ по экспорту продукции были получены примерные объемы производства и доля на рынке российских производителей металлических порошков. Оценка доли на рынке крупнейших производителей металлических порошков в натуральном выражении, РФ, 2016 г. В таблице 1 представлено сравнение объема производства и экспорта продукции производителей российского рынка на 2016 г.

Таблица 1 – Сравнение объема производства и экспорта порошковой продукции для производителей российского рынка

Наименование производителя	Объём производства металлических порошков, тонн	Объём экспорта металлических порошков из РФ, тонн	Доля на рынке металлических порошков РФ
Русал	18696	8071	39.7%
Валком-ПМ	8889	4234	17,4%
Уралэлектромедь	6466	5092	5,1%
Кольская ГМК	1500	1290	0,8%
Полема	141	10	0,5%
Прочие	6518	3987	9,5%

По экспертной оценке MegaResearch, ведущим российским производителем на рынке металлических порошков в России является ГК «РУСАЛ», которая заняла 39,7% рынка.

По данным годового отчета ГК «РУСАЛ» в 2016 году прослеживалось повышение реализации восстановленных и распыленных порошков. В 2015 году реализация составила 230,2 млн. руб., а за 2016 год - 277,6 млн. руб.

В общей структуре рынка металлических порошков доля компаний «Валком-ПМ» и «Уралэлектромедь» составили 17,4 и 5,1 процентов соответственно [1].

На данный момент порошковая металлургия развивается стремительно, этот вывод можно сделать из количества патентов за последнее время. Появление новых композиционных материалов охватывает больший спектр примене-

ния порошковых материалов. Например, появление материалов с меньшей массой как Al-SiC имеет матрицу из алюминиевого сплава и диспергированные в этой матрице частицы карбида кремния. По мере увеличения содержания керамической фазы материал становится более прочным и жестким. В связи с дороговизной материал используется, в основном, для специальных целей, например изготовления рам гоночных велосипедов, где важными характеристиками являются легкость и прочность.

В производстве инструмента главной задачей являлось снижение расходов высоколегированных быстрорежущих сталей и редкоземельных металлов, получение износостойкого инструмента, разработка новых жаропрочных материалов, твердосплавных пластин, все это подтолкнуло промышленность к созданию новых интерметаллидов, поисков оптимальных соединений, закрывающих потребности промышленности.

Порошковая металлургия используется не только в производстве инструмента и изделий, так в 2008 г. На Международной конференции Дубрович Д.В. и Глазков Ю.А. представили индукционный магнитопорошковый контроль кольцевых изделий. Создана опытная установка для намагничивания деталей и выявления дефектов, что относится к неразрушающему виду контроля изделий. Для контроля тонкостенных кольцевых деталей целесообразным является намагничивание путем бесконтактного возбуждения в их материале индуцированных токов, которые образуют в деталях собственное магнитное поле.

На этой же конференции был рассмотрен доклад Кудрявцева Д.А. и Бакунова А.С. на тему: «Модернизированный прибор для проверки качества магнитных порошков и суспензий МФ-10 СП». В ЗАО НИИИН МНПО «Спектр» разработан прибор для проверки качества магнитных порошков и суспензий МФ-10 СП позволяющий давать количественную оценку чувствительности магнитного порошка и суспензии. Принцип работы прибора основан на создании равномерно убывающего магнитного поля рассеяния вдоль двух протяженных искусственных несплошностей в виде щелей с шириной 50 и 100 мкм в магнитопроводе электромагнита, обработке поверхности магнитопровода с несплошностью испытуемым магнитным порошком и измерении по шкале прибора в миллиметрах длины одного из индикаторных рисунков несплошностей в зависимости от размеров частиц магнитного порошка.

В 2008 г. Yu Jun, Ge Changchun, Vtng Lulu, Shen Weiping, Yan Quingzhi, Meng Yuedong предложили новый процесс получения мелких порошков жаропрочного сплава, полученные с помощью нового процесса плазменно-искрового разряда. Они разработали модельные машины. По сравнению с традиционными методами обработки порошка, такие как плазменный процесс вращающимся электродом и распыление газом аргона, этот метод основан на другом принципе и имеет преимущества более высокой скорости охлаждения и более простого устройства для получения мелких порошков сплава. Экспериментальные результаты для двух сплавов показали, что полученные порошки – сферические частицы с узким распределением по размерам, высокой степенью сферичности, гладкой поверхностью, отсутствием дендритов.

В 2009 г. На Heon-Young, Lee Tae-Ho, Oh Chang-Seok представили исследование на тему: «Влияние комбинированного добавления углерода и азота на точечную коррозию сплавов Fe-18Cr-10Mn». Комбинированное добавление азота и углерода повышает сопротивление сплавов точечной коррозии, и это объяснили повышением защитной способности пассивной пленки. И толщина пассивной пленки, и содержание хрома в пленке увеличивается вместе с суммарным содержанием углерода и азота. Это подтвердили с помощью гальваностатического восстановления, анализа Мотта-Шоттки и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

В 2008 г. Fais A., Maizza G.J. Mater представили способ уплотнения быстрорежущей стали. Порошки быстрорежущей стали AISI M2, размолотые в шаровой мельнице, с нанометровым размером зерна консолидировали с использованием нового метода, названного спеканием разрядом конденсатора (СРК), который использует один электрический импульс высокой (вплоть до 100МА/мм^2 в 10-22 мс) и высокое давление (до 400 МПА). Консолидированные диски (диаметр 100 мм и толщиной 2-3 мм) показали низкую остаточную пористость и очень мелкие микроструктуры. Подтвердили, что процесс СРК подойдет для полного уплотнения порошков AISI M2 без роста зерна.

В 2008 г. Kong Fantao, Liu Zhiguang, Chai Lihua представили разработку быстрозатвердевающих соединений алюминида титана. Сплавы TiAl – материалы для применения в качестве высокотемпературных конструкционных материалов в автомобильной и авиакосмической промышленности. Однако низкая пластичность при комнатной температуре ограничивает их широкое применение. Метод быстрого затвердевания может повысить свойства через модификацию микроструктуры. Сделали обзор эволюции и характера микроструктуры и механических свойств быстрозатвердевающих сплавов TiAl, полученных различными методами, и влияние добавления легирующих элементов на затвердевание, свойства и микроструктуру, включая стабильность метастабильных фаз. Представлены процессы консолидации быстрозатвердевающих лент и порошков.

В 2009 г. Ling Pengyu, Li Weng-ping, Zhou Hong представили работу, посвященную рассмотрению влияния добавления иттрия и размера порошка на оксидную пленку и температуру воспламенения порошка магниевого сплава AZ91D. Добавляли Y в сплав в количестве 0,15; 0,28; 0,45; 0,60 и 1,0 масс. %. В процессе испытаний на окисление размер порошка имеет ограниченное влияние на температуру воспламенения сплава. С увеличением добавления иттрия компактность оксидной пленки увеличивается, т.к. температура воспламенения повышается, показывая максимальное значение при добавлении 0,28 % иттрия. А затем она начинает уменьшаться при дальнейшем увеличении добавления иттрия до 1 %.

В 2009 г. Zhang Shenghong в Нью-Джерси изучил влияние толщины межзеренной пленки на разрушение Si_3N_4. Для изучения процесса разрушения межзеренной пленки SiO_2 между кристаллами Si_3N_4 как функции толщины пленки было проведено компьютерное моделирование на основе молекулярной дина-

мики. Установлено значительное увеличение разрушающего напряжения с уменьшением толщины межзеренной пленки. Разрушение пленки толщиной 2 нм подобно монолитному кварцевому стеклу, но пленка толщиной 1 нм разрушается при гораздо более высоком напряжении. Моделирование показало разрыв связей и перестройку силоксановых колец, которые сливаются с образованием больших колец (или «пустот»). Разница систем состоит в значительно большей концентрации 6-членных колец в пленке толщиной 1 нм по сравнению с пленкой толщиной 2 нм или монолитным кварцевым стеклом. Связь Si-O более стабильна в 6-членных кольцах, чем в кольцах других параметров. Разрушение становится более катастрофическим с 1 нм по сравнению с др. системами, где ослабление напряжений с деформацией происходит более медленно.

В 2008 г. Петухов В.В., Гончаров А.А., Дуб С.Н. рассмотрели влияние азота на механические свойства тонких пленок системы Ta-B-N. Получены аморфно-кристаллические тонкие пленки системы Ta-B-N на стальной подложке ВЧ-магнетронным реактивным распылением мишени TaB_2 в газовой смеси азота и аргона. Исследовано влияние содержания азота в смеси на механические свойства пленок. Установлено, что формирование аморфно-кристаллической структуры приводит к снижению нанотвердости, модуля упругости и повышению пластичности пленок Ta-B-N по сравнению с нанокристаллическими пленками TaB2. Образование аморфного нитрида бора также вызывает вязко-упругое механическое поведение тонких пленок системы Ta-B-N.

В 2008 г. Dearnley P.A, Figueiredo Pina C.G., Fisher J.J. дали оценку медицинской марки нержавеющей стали (Orton 90) с покрытием S-фазой для использования при замене человеческих суставов в условиях коррозионного износа. Твердые коррозионные покрытия, такие как S-фаза(пересыщенная азотом фаза Fe-Ni-Cr-Mo) имеют потенциал ограничивать степень коррозионного изнашивания, влияя на металлические несущие поверхности имплантантов, заменяющих суставы. Чтобы испытывать их пригодность, ряд покрытий S-фазой (с пятью концентрациями азота) нанесли на несколько полированных образцов Ortron 90 (биомедицинска марка аустенитной нержавеющей стали) с помощью магнетронного напыления. Обнаружили что сопротивление щелевой коррозии ниже для большинства материалов при испытаниях в бычьей сыворотке по сравнению с испытаниями в растворе 0,89% NaCl. Измерение потенциалов пробоя и плотности анодного тока пассивации для данного раствора установили, что повреждения от щелевой коррозии Ortron 90 без покрытия намного более выражены, чем у материалов с покрытием S-фазой, что подтвердили измерения методом двухмерной профилометрии. Испытания на коррозионный износ с использованием контактирующей контрповерхности из Al_2O_3, показали большую деградацию поверхности в физиологическом растворе, чем в бычей сыворотке.

В 2008 г. Lui Haifeng, Chen Weiring исследовали зависимость от пористости сопротивление циклическому окислению при 850ºС отоженных покрытий на основе Ni-Al полученных электроплактированием. Исследовали циклические окисления пористых покрытий на основе Ni-Al и некоторые методы, такие как медленный отжиг и легирование добавками оксидов, чтобы достичь лучшей

жаростойкости. Обнаружили, что хорошее сопротивление циклическому окислению можно получить для покрытий даже при низком содержании Al, когда начальная пористость меньше 7%. Когда пористость находится в диапазоне от 7 до 11% покрытия обладают худшим сопротивлением циклическому окислению на начальной стадии, но повышенным сопротивлением на поздней стадии, когда поры «залечиваются» с помощью диффузии. Образование тонкой и плотноупакованной оксидной пленки на поверхностях покрытия уменьшает скорость залечивания пор в покрытиях. Добавление активных оксидов мало влияет на сопротивление окислению и залечивание пор при температуре 850ºС и относительно коротком времени испытаний (1000ч).

В 2009 г. Платонов О.В., Ефимова Т.И. выступили с на Всероссийском симпозиуме по прикладной и промышленной математике и докладом о межфазном процессе на границе металл-покрытие. Приведена методика и некоторые результаты расчета концентрационных профилей в металлических системах основа – покрытие (Cu-Zn; Cu-Sn), полученных гальваническим осаждением, наплавкой и вакуумным напылением. Методика позволяет вычислять максимальную концентрацию примесей на различных дефектах твердого тела, в частности, на границах зерен основы, а также энергии активации соответствующих твердофазных процессов. Приведены результаты расчетов с использованием методики, сделан анализ влияния температуры отжига системы основа-покрытие на объемную и зернограничную диффузию примесного металла в основу.

Новые формы прозрачных тонкопленочных транзисторов на основе InZnO для гибкой электроники представили Pearton S.J., Wang Yu-Lin в 2008 году. Использование некремниевых материалов, осажденных при низких температурах на недорогих подложки, вызывают большой интерес. Хотя прозрачные тонкопленочные транзисторы (ТТ) на основе Si широко используются в дисплеях, имеются некоторые недостатки, такие как светочувствительность и ослабление света, низкая подвижность под действием поля (<1 $см^2$/Вс). Например, практически все жидкокристаллические дисплеи (ЖД) используют ТТ, внедренные в саму панель. Одна из альтернатив использования кремниевых ТТ касается аморфных или нанокристаллических оксидных полупроводников n-типа. Например, имеются многообещающие результаты с каналами из оксида цинка, индий-галлиевого оксида и цинко-оловянного оксида. Сделали обзор недавних достижений в этих новых материалах. Надеются, что транзисторные структуры GaInZnO будут использованы, например, для движемых органических светоиспускающих диодов и ЖД. Эти транзисторы могут, вероятно, работать на порядок величины быстрее, чем кремниевые ТТ.

В 2009 г. Анисимов А.В., Бахарева Д.Г., Никитин В.А., Летенко Д.Г. представили результаты исследований модификации антифрикционных углепластиков высокодисперсными металлами и металлоуглеродными соединениями. Исследования триботехнических характеристик полимерных композиционных материалов на основе углепластиков, модифицированных мезодисперсными металлическими порошками, а также композиционными модификаторами на ос-

нове мезодисперсных металлических порошков и углеродных фуллероидных наночастиц.

Разработка единых моделей процессов изнашивания инструментальных твердых сплавов был представлен Тахманом С.И. в 2008 г. Показано, что при рассмотрении контактных явлений в процессе резания распространение термохимических подходов на инструментальный материал позволяет уточнить механизм изнашивания поверхностей режущего клина и разработать расчетные модели показателей износостойкости твердосплавных инструментов при их изнашивании по задним поверхностям.

Работа по керамическим композиционным наноматериалам была проделана в 2008 г. Duzza J. Представлены результаты изысканий за последние два десятилетия в области разработки и исследования свойств композиционных керамических наноматериалов, главным образом, на основе нитрида кремния и оксида алюминия. Показаны возможные механизмы упрочнения и пластифицирования материалов. Обсуждают влияние наноструктуры керамик на их высокотемпературные свойства, механизмы высокотемпературной деформации и характеристики разрушения.

Методика разупрочнения отходов твердых сплавов закалкой для последующего дробления была рассмотрена в 2008 г. Еврошой Т.Б, Дворник М.И, Верхотуровым А.Д., Метлицкой Л.П., Пячиным С.А. Изучена прочность твердого сплава для облегчения последующего дробления посредством закалки твердого сплава. Исследовано влияние температуры закалки на структуру и прочность твердого сплава. Показано, что закалка позволяет существенно снизить прочность твердого сплава за счет создания термических напряжений и изменения структуры кобальтовой фазы [2].

Список литературы

1. Крупнейшие производители и поставщики металлических порошков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.megaresearch.ru/knowledge_library/krupneyshie-proizvoditeli-i-postavschiki-metallicheskih-poroshkov-4083 – Дата доступа: 15.01.2024

2. Реферативный журнал. 15. Металлургия. Раздел 15Е. Порошковая металлургия. Покрытия и пленки, получаемые физико–металлургическими методами : сводный том / Российская акад. наук, Всероссийский ин–т науч. и технической информ. (ВИНИТИ РАН). – Москва : ВИНИТИ, 1986–2010. ISSN 0234-4734

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЛАСТИНЫ И УСТАНОВКА ПРИЧИНЫ ЕЕ ПОЛОМКИ

Цыбиногина Н.В., Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент,
Великанов А.А., Зиннурова М.Г.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Токарные пластины – режущие инструменты, которые используются для обработки металлических заготовок. Однако, с течением времени они изнашиваются и теряют свои свойства. В статье рассмотрена зарубежная твердосплавная пластина, и установлена предполагаемая причина ее износа. На рисунке 1 представлен внешний вид пластины.

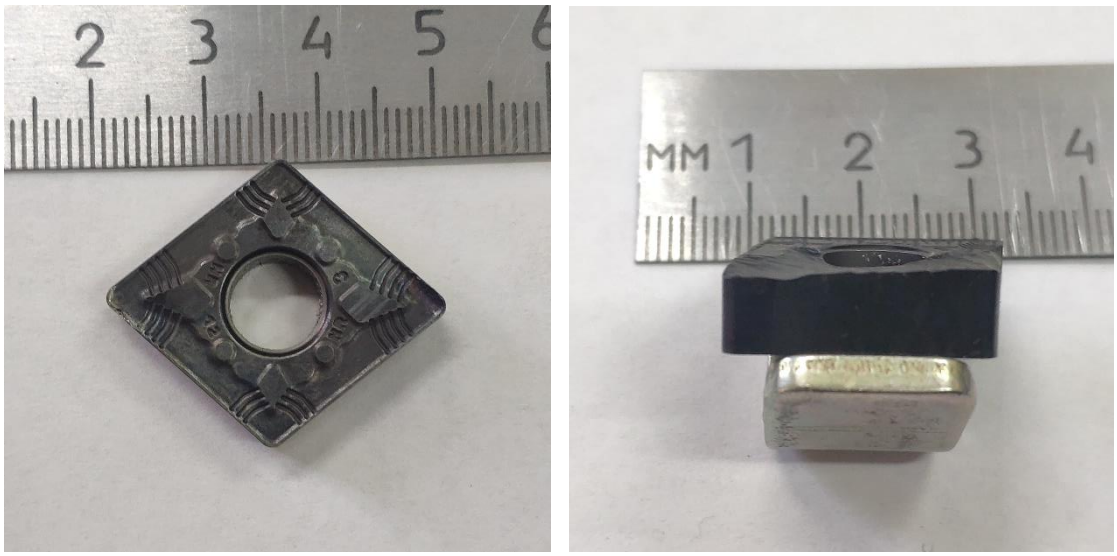


Рисунок 1 – Внешний вид зарубежной пластины

На рисунке 2 представлена поломка пластины.

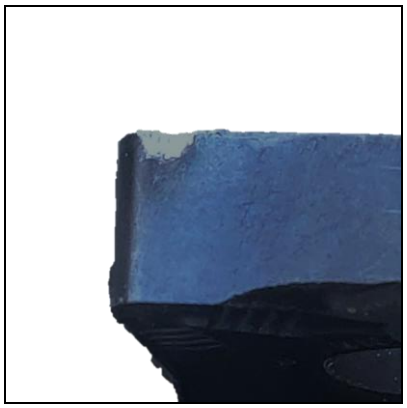
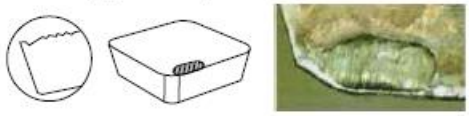
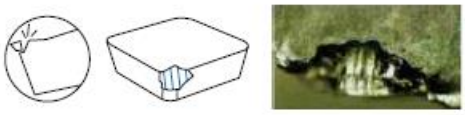
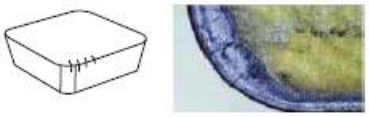
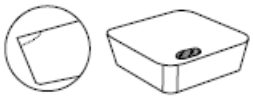


Рисунок 2 – Поломка пластины(х8)

Причины поломок режущих пластин могут носить различный характер, перечень некоторых из них представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Перечень дефектов пластин, причин и методов корректировки

Вид повреждения инструмента	Причина	Решение
1	2	3
Износ передней поверхности пластины 	1. Неподходящий материал пластины 2. Слишком большой объем материала	1.Выберите режущую пластину из другого материала 2.Уменьшите величину съема материала 3.Уменьшите скорость резания
	1. Неподходящий материал пластины 2. Слишком большая подача инструмента 3.Недостаточная прочность режущей кромки 4.Недостаточная жесткость державки	1. Выберите более прочный материал режущей пластины 2. Уменьшите подачу 3. Выберите державку большего размера
Пластическая деформация	1. Неподходящий материал пластины 2. Слишком большой съем материала 3. Слишком высокая температура в зоне резания	1. Выберите более прочный материал режущей пластины 2. Уменьшите величину снимаемого припуска 3. Выберите материал режущей пластины с большей теплопроводностью
Износ кромки (задняя поверхность пластины)	1. Твердость заготовки слишком высока по отношению к инструменту 2. Обработка детали с закаленной поверхностью 3. Неподходящий материал пластины 4.Слишком высокая скорость резания 5. Задний угол слишком мал 6. Слишком низкая подача инструмента	1. Выберите более твердый материал режущей пластины 2.Уменьшите скорость резания 3. Выберите режущую пластину с большим задним углом 4. Увеличьте подачу
Термические повреждения 	1. Слишком высокая температура в зоне резания 2. Неподходящий материал пластины 3. Особенности заточки	1.Не используйте СОЖ (если обработка без СОЖ невозможна, необходима обильная подача СОЖ)

		2. Выберите материал режущей пластины с более высокой прочностью
Сколы края	1. Неподходящий материал пластины 2. Слишком большая подача инструмента 3. Снижение прочности режущей кромки 4.Недостаточная жесткость державки	1. Выберите материал с более высокой прочностью 2. Уменьшите подачу 3. Выберите державку большего размера
Износ пластины	1. Заготовка с закаленным поверхностным слоем 2. Трение или вибрации из-за неверно выбранной геометрии пластины	1. Выберите более твердый материал режущей пластины 2. Выберите пластину с большим задним углом
Отсливание 	1.Отсоединение насадок 2. Плохой контроль стружкообразования	1.Используйте пластину с большим передним углом 2. Выберите другую геометрию пластины
Поломка	1. Выкрашивание	1. Осуществить снижение подачи 2.Необходимо снизить глубину резания 3.Необходимо осуществить выбор пластины с более высокой прочностью 4.Выберите другой стружколом для улучшения образования стружки 5.Выберите большую толщину пластины
Образование наклепа	1.Скорость резания слишком низкая	1. Увеличьте скорость резания 2. Выберите пластину с большим задним углом 3. Выберите материал режущей пластины с большей прочностью

Анализируя рисунок 3 и сопоставляя с таблицей 1, делаем вывод о том, что износ пластины мог произойти по причине неправильного назначения применения данной пластины, высокой твердости заготовки, трения или вибрации при резании.

Идеальный материал режущего инструмента должен быть:

– устойчивым к износу по задней поверхности;

– устойчивым к выкрашиванию;
– химически инертным к материалу обрабатываемой детали;
– химически устойчивым к окислению и диффузии;
– устойчивым к резким изменениям температуры [2].

Для дальнейшего изучения пластины был изготовлен шлиф на пасте Карат АСН 60/40 НВОМЛ ГОСТ 25593-83 и АСН 20/14 НВОМЛ ГОСТ 25593-83. Шлиф представлен на рисунке 3.

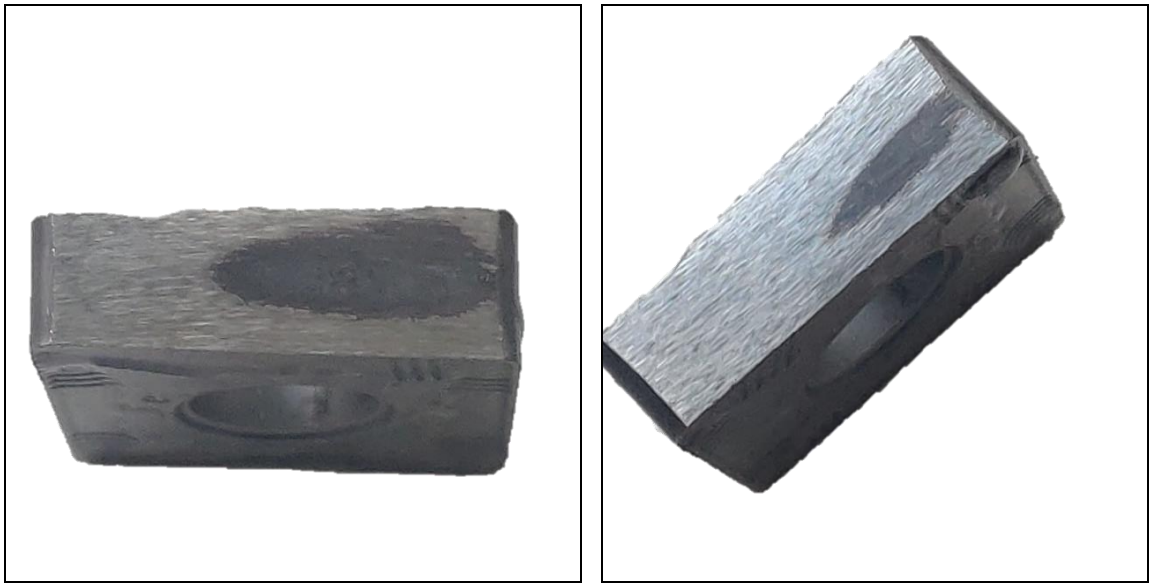


Рисунок 3 – Металлографический шлиф зарубежной пластины

Исходя из рисунка 3, делаем вывод, что в результате неравномерных внутренних напряжений, произошла усадка пластины при спекании, об этом свидетельствует неравномерное истирание покрытия.

Список литературы

1 Твердосплавные пластины. Концевые фрезы. Токарные державки. Корпусные сверла Режущий инструмент [Текст]: каталог / Otool Deskar, 2014. – 272 с.

2 Технология обработки металлов резанием [Текст]: учебное пособие / Sandvik Coromant, 2017. – 391 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА АБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Чегодаев Е.Е., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Абразивное разрезание – это современный и эффективный метод получения заготовок, который нашел широкое применение в различных областях промышленности. Этот процесс осуществляется с использованием абразивных материалов, таких как алмазы или карбид кремния, с использованием специального оборудования.

Процесс абразивной резки основан на принципе прижатия абразивного материала (обычно в виде частиц или зерен) к заготовке для удаления материала. Абразивные частицы действуют как режущие инструменты, постепенно изнашиваясь по мере контакта с заготовкой. Процесс характеризуется трением между абразивными частицами и заготовкой, что приводит к выделению тепла при трении и удалению материала.

Одним из главных преимуществ абразивного разрезания является его высокая точность. С помощью этого метода можно получить заготовки с широким диапазоном размеров и форм, что делает его особо привлекательным для использования во многих отраслях, включая автомобильную, авиационную, металлургическую и машиностроительную промышленности.

Еще одним важным преимуществом абразивного разрезания является возможность обработки различных материалов. Благодаря использованию специальных абразивных материалов этот метод позволяет эффективно разделывать как мягкие материалы, такие как пластик и резина, так и более твердые материалы, включая сталь, камень и стекло.

Различные свойства абразивного материала существенно влияют на процесс резания. Твердость абразивных частиц определяет их способность проникать в заготовку. Более твердый абразивный материал может эффективно резать более твердые материалы, в то время как более мягкий абразив может быть более подходящим для резки более мягких материалов. Кроме того, размер, форма и распределение абразивных частиц также влияют на эффективность резки и качество обработки поверхности.

При обработке различных сталей с увеличением доли легирующих элементов эффективность процесса разрезания также возрастает, что является несомненным преимуществом по сравнению с использованием режущего инструмента из быстрорежущей стали или с зубьями из твердого сплава. То есть, чем прочнее сталь, тем легче она поддается абразивному разрезанию, тем выше коэффициент шлифования. Поэтому при необходимости разделки сортового проката на заготовки или готовые изделия абразивное разрезание получило все

более широкое применение в промышленности. На основе анализа потребностей заготовительного производства можно сделать вывод, что около 50% всех видов отрезных операций выполняются с использованием абразивного отрезного инструмента.

Абразивные круги широко применяются для разрезания заготовок из проката самых разных сечений, для резки листов, полос, стальных тросов из труднообрабатываемых сталей, в литейной промышленности для очистки литья и отделения прибылей и т.д.

Точность и разнообразие обрабатываемых материалов дополняются еще одним важным аспектом абразивного разрезания - его быстротой и производительностью. Благодаря специальному оборудованию и уникальным абразивным материалам появляется возможность значительно увеличить производительность разрезания заготовок (0,8...0,15 $см^2/с$), что является важным фактором для многих предприятий. Кроме того, абразивное разрезание сводит к минимуму отходы материала, что приводит к экономии средств для производителей.

Для достижения оптимальной производительности резания необходимо учитывать несколько параметров резания. Скорость резания, или относительная скорость между абразивными частицами и заготовкой, влияет на скорость удаления материала и тепловыделение. Более высокая скорость резания может привести к увеличению производительности, но при этом может выделяться чрезмерное количество тепла, нарушая целостность заготовки. Скорость подачи, или скорость, с которой заготовка перемещается относительно абразивных частиц, влияет на глубину реза и чистоту поверхности. Для достижения желаемых результатов резки требуется соответствующее сочетание скорости резания и подачи.

В процессе абразивной резки выделяется тепло из-за трения между абразивными частицами и заготовкой. Чрезмерное тепло может вызвать термическое повреждение заготовки, например растрескивание поверхности или изменение свойств материала. Для уменьшения этого применяются методы охлаждения, такие как использование охлаждающих жидкостей или подача сжатого воздуха или воды. Эффективное охлаждение обеспечивает снижение количества проблем, связанных с нагревом, и улучшает общий процесс резки.

Однако, несмотря на все преимущества, абразивное разрезание имеет свои ограничения и недостатки. Например, этот метод приводит к активному истиранию абразивного инструмента, что требует его регулярной замены. Кроме того, абразивное разрезание, как правило, сопровождается высоким уровнем шума и имеет большие энергетические затраты.

В целом, абразивное разрезание является эффективным и перспективным методом получения заготовок. Технологические особенности процесса абразивной резки делают его незаменимым методом в обрабатывающей промышленности. Его точность, универсальность, эффективность и возможность контроля тепла способствуют повышению производительности, рентабельности и качества в различных областях применения. Производители в различных отраслях могут извлечь выгоду из внедрения этого процесса в свои производствен-

ные линии, обеспечивая оптимальные результаты резки и формообразования заготовок. Если сравнить себестоимость операции разрезания сталей на абразивно-отрезных, ленточно-отрезных, круглопильных и анодно-механических станках, то соотношение их себестоимостей будет 1,0:1,5:2,0:5,0.

Основные преимущества абразивного разрезания заключаются в следующем:

- высокая производительность, 10...20 раз большая по сравнению с разрезанием пилами и анодно-механическим способом;
- достаточно высокая точность заготовок по длине, параллельность и перпендикулярность торцов;
- удовлетворительная шероховатость поверхности реза, не требующая последующей обработки;
- отсутствие заусенцев;
- отсутствие структурных изменений на поверхности разрезаемых заготовок при правильно-подобранных режимах резания и качестве отрезных кругов;
- значительно ниже уровень шума при резании;
- отсутствие переточек инструмента и связанных с ними затрат.

Однако, перед использованием этого метода необходимо учитывать его ограничения и недостатки, чтобы принять обоснованное решение.

Преимущества абразивного разрезания по сравнению с другими методами и способами разделки сортового проката делают его дальнейшее развитие актуальным и востребованным, особенно при обработке труднообрабатываемых материалов.

Список литературы

1. А.с. 1302048 СССР, МКИ В24О 5/12. Абразивный отрезной круг / Н.И. Толкачев, Ю.В. Панков, В.Л. Приходько, А.А. Гасанов, В.С. Разоренов. - 1987. - Бюл. № 24.

2. Алехин В.П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов / В.П. Алехин. - М.: Наука, 1983. - 241 с.

3. Исследование влияния процессов резки на структурное совершенство и механическую прочность монокристаллических материалов: Отчет о НИР (заключ.) / Запорож. индустр. ин-т; Руководитель Приварников О.А. - Инв. № 02890066937. - Запорожье: ЗИИ, 1989. - 100 с.

4. Резников А.Н. Температура и охлаждение режущих инструментов / А.Н. Резников. - Куйбышев, 1959. - 487с.

5. Усов А.В. Технология возможности повышения эффективности процесса шлифования материалов, предрасположенных к трещинообразоваию / А.В. Усов, И.С. Козовой // Изв. вузов машиностроения. - 1994. - № 4 - 6. - С. 119.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТИХОХОДНОГО ВАЛА ГЛАВНОГО РЕДУКТОРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА СООСНОЙ СХЕМЫ

Черноусов Е.А., Касимов Р.А., Кашапов Т.Д.,
Решетов С.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время быстрыми темпами развиваются различные беспилотные системы, в рамках национального проекта «Беспилотные авиационные системы», и, в том числе, уделяется значительное внимание не только дронам, тина «квадрокоптер», но и беспилотным летательным аппаратам вертолетного типа различной грузоподъемности – от сверхмалых, способных нести незначительный по весу груз, до крупных беспилотных летательных аппаратов, построенных по обычной, либо соосной схемам расположения несущих винтов. Тема инженерных расчетов подобных конструкций и их адекватное моделирование для расчетов основных деталей и узлов с целью получения наиболее достоверных результатов является актуальной задачей. В настоящей статье рассмотрено определение параметров напряженно-деформированного состояния внутреннего тихоходного вала главного редуктора беспилотного летательного аппарата вертолетного типа, построенного по соосной схеме. Данный вал имеет значительную длину, на конце которого крепится один из несущих винтов летательного аппарата. В качестве программного обеспечения выбраны: для построения расчетной модели программа «Компас 3D» копании «АСКОН» [2], а для расчетной части данной задачи – CAE ANSYS [1].

Была поставлена задача: определить внутренние силовые факторы полого тихоходного вала редуктора. Перед расчетом были введены следующие допущения:

- шлицевые соединения упрощены до цилиндрических поверхностей с эквивалентной крутильной жесткостью;
- материал вала является анизотропным и одинаковым по химическому составу по всему объему.

Проектирование самого редуктора несущего винта, модель приводного вала которого мы рассматриваем в данной статье, проходило в рамках учебного процесса в качестве задания на курсовой проект по дисциплине «Детали машин» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение. Редуктор, применяемый в данном беспилотном аппарате, имеет два ведомых полых вала (один в другом), которые вращаются с одинаковой частотой вращения с использованием механической синхронизации. Сам редуктор по кинематическим условиям имеет передаточное число, равное десяти.

Механические передачи редуктора, ввиду высокой окружной скорости, имеют 6-й класс точности, как по кинематической точности, так и по нормам плавности. Основной проблемой в проектировании редукторов вертолетов, выполненных по соосной схеме, является то, что тихоходный вал, находящийся внутри второго тихоходного полого вала работает как длинная консольная балка, в условиях сильного нагружения как собственно силой от несущего винта, так и вращающим моментом, предаваемым самим валом от механических передач. Исследование напряженно-деформированного состояния подобного длинного вала с точки зрения прочности и жесткости является важной задачей [3, 4]. Трехмерная модель редуктора несущего винта, выполненная в программе «Компас 3D», представлена на рисунке 1. До этого были просчитаны все механические передачи, входящие в данный редуктор из условия прочности, как по контактным, так и по изгибным напряжениям. Определены размеры всех валов редуктора и скомпонована его конструкция.

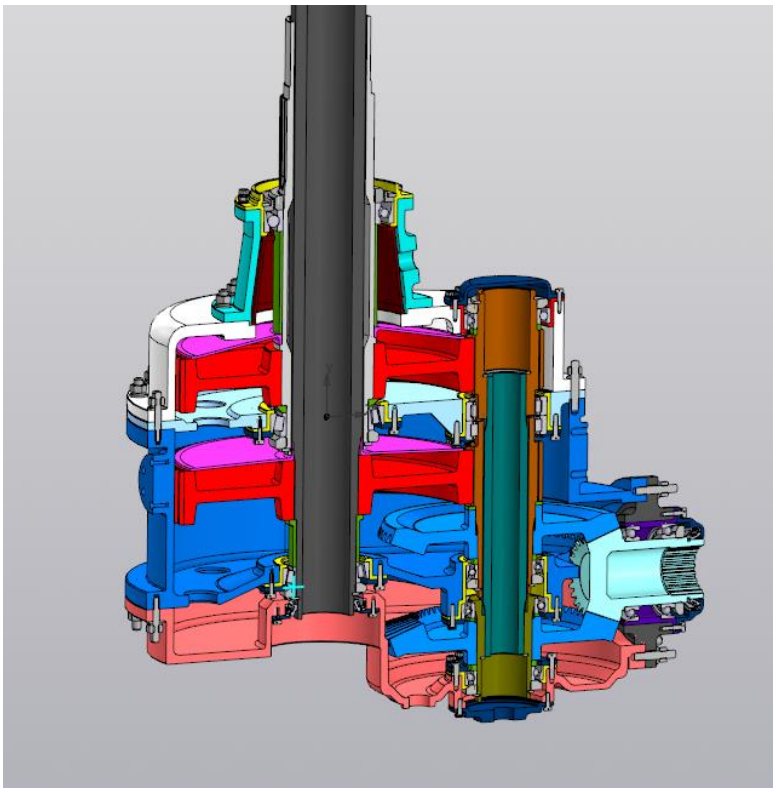


Рисунок 1 – Редуктор несущего винта беспилотного летательного аппарата вертолетного типа

Рассматриваемый вал монтируется в двух подшипниковых узлах в корпусе редуктора, и на внешнем тихоходном валу. Вал приводится во вращение цилиндрическим зубчатым колесом тихоходной ступени. Трехмерная модель вала представлена на рисунке 1. Материал: сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-2016 – сталь, наиболее часто используемая для изготовления зубчатых колес и валов передач редукторов в авиастроении. Из данной трехмерной модели вычленим исследу-

емый тихоходный вал редуктора. Его трехмерная модель приведена на рисунке 2.

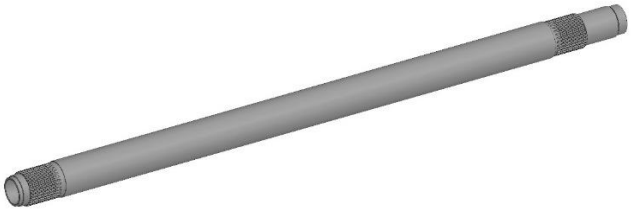


Рисунок 2 – Трехмерная модель вала

Геометрия рассматриваемого вала в начальной модели имеет множество канавок и резьбу, которые, как мы знаем, являются концентраторами напряжений. Ввиду этого, была проведена оптимизация геометрии расчетной трехмерной модели для облегчения, как расчетов, так и технологии изготовления вала. В результате оптимизации геометрии трехмерная расчетная модель приняла вид, представленный на рисунке 3.

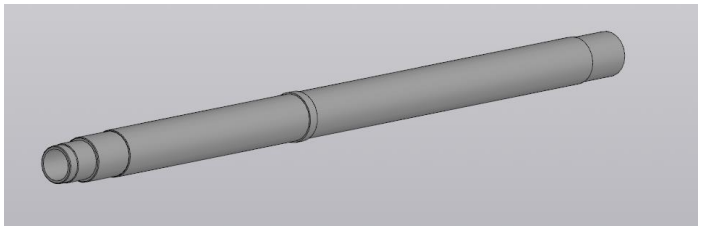


Рисунок 3 – Оптимизированная трехмерная модель

Данный вал представляет собой консольную балку, закрепленную на двух шарнирно-подвижных опорах и нагруженную крутящим моментом и силой. Величина силы равна 400 Н, величина крутящего момента 1593,1 Н·м, которые были получены исходя из расчетов вращающих моментов, передаваемых валами редуктора, так и определялись из условий эксплуатации проектируемого летательного аппарата. Была получены расчетная схема проектируемого вала, которая представлена на рисунке 4.

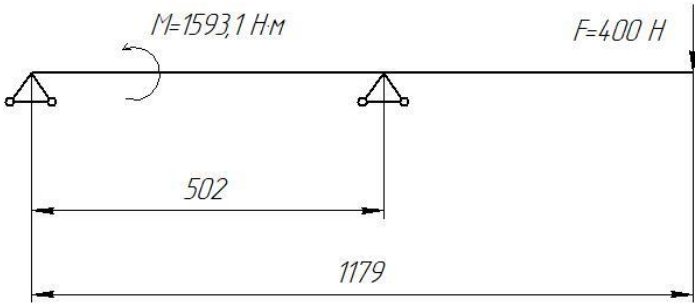


Рисунок 4 – Расчетная схема

Полученная в программе КОМПАС 3D-модель была импортирована в другой расчетный комплекс ANSYS Static Structural, где были указаны требуемые закрепления, задан материал и его механические свойства, а также произведены настройки решателя. Расчетная модель, полученная в программном комплексе ANSYS Static Structural представлена на рисунке 5.

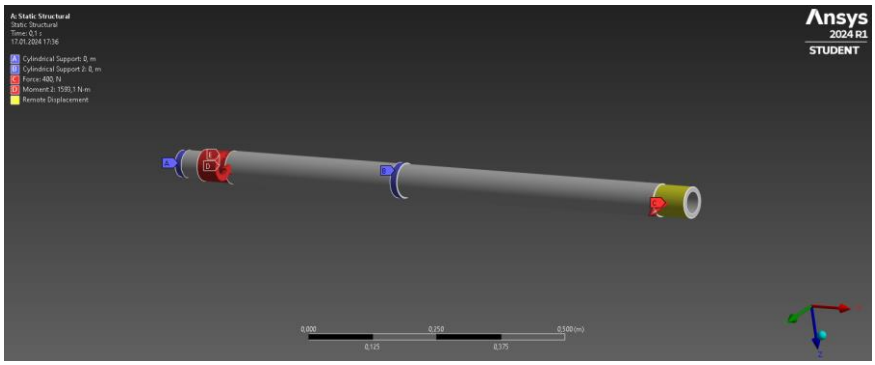


Рисунок 5 – Расчетная модель в ANSYS Static Structural

Опоры в расчетном комплексе ANSYS Static Structural были осуществлены специальными закреплениями типа «Cylindrical Support» с одной степенью свободы в тангенциальном направлении, что позволяет имитировать подшипниковую опору с радиально-упорным подшипником. На конце вала, где присоединяются лопасти беспилотника, приложена сила типа «Force», которая имитирует нагрузку от воздушного винта. На рисунке 6 представлен результат расчета вала. Максимальные напряжения составили 108,79 МПа, что допустимо для вышеуказанного материала.

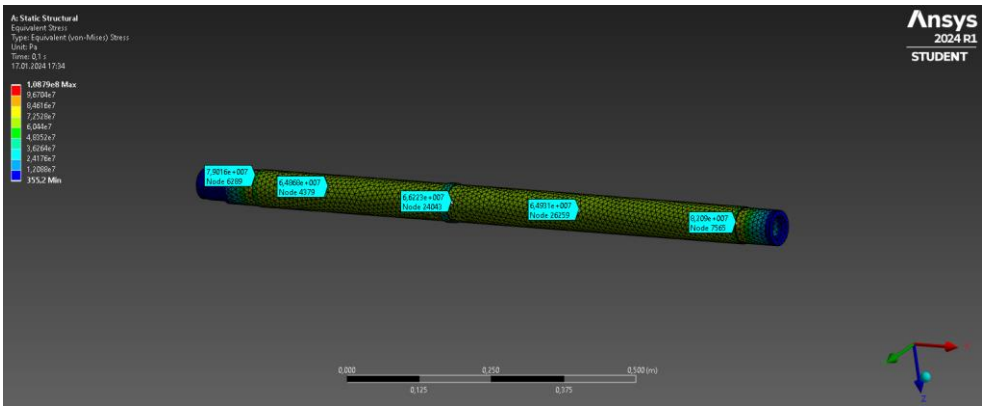


Рисунок 6 – Результаты расчета в ANSYS Static Structural

По результатам компьютерного моделирования был проведен проверочный расчет искомого вала редуктора на крутильную и изгибную прочность. Расчеты показали, что максимальные напряжения не превысили допустимые для материала вала (сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-2016). Авторы рекомендуют

проводить расчет сразу в нескольких CAE-комплексах для последующего сравнения результатов. Это позволит повысить точность и достоверность расчетов.

Список литературы

1 ANSYS ICEM CFD v.11. Release. Help manual.

2 Жарков, Н.В. Компас-3D. Полное руководство от новичка до профессионала [Текст]: учебное пособие / Н.В. Жарков, М.А. Минеев, М.В. Финков. – 2-е издание. – СПб.: Наука и Техника, 2019 – 656 с.: ил.

3 Черноусов Е.А. Системы автоматизированного проектирования в реализации задач авиастроения // Шаг в науку. – 2022. – №4. – С. 81–86.

4 Силаев, Б.М. Расчет и конструирование деталей авиационных механических передач: учебно-справочное пособие / Б.М. Силаев. – Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического ун-та, 2008. – 150 с.: ил.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИКА ВОЗДУХОСБОРНИКА ОБЪЕМОМ 20 м^3 ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Честин Е. Н.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В данной статье проведен анализ надежности и диагностика воздухосборника объемом 20 м^3 при длительной эксплуатации. Рассмотрены основные аспекты работы воздухосборника на протяжении времени, а также предложены методы диагностики, направленные на определение состояния системы и моменты, требующие вмешательства. Целью данной работы является определение факторов, влияющих на надежность воздухосборника, и разработка стратегии диагностики для обеспечения бесперебойной работы системы при длительной эксплуатации.

Воздухосборники — это устройства, используемые для сбора и хранения сжатого воздуха, являющиеся важной частью систем вентиляции и воздушного обмена в промышленных и коммерческих помещениях. Они играют важную роль в работе пневматических систем, обеспечивая равномерное распределение давления, уменьшение пульсаций и стабильность работы компрессоров. В процессе эксплуатации воздухосборник подвергается различным воздействиям, которые могут привести к его износу и повреждениям. Поэтому необходимо проводить анализ надежности и диагностику воздухосборника при длительной эксплуатации [1].

В данной работе проводится анализ надежности и диагностика воздухосборника объемом 20 м^3 при длительной эксплуатации для выявления факторов, влияющих на надежность системы и разработки методов диагностики для поддержания ее бесперебойной работы.

Методы анализа.

Для проведения анализа надежности воздухосборника был использован метод надежностного анализа, включающий в себя оценку долговечности отдельных компонентов системы, выявление наиболее критичных элементов, их влияние на общую надежность и выработку рекомендаций по проведению технического обслуживания. Для анализа надежности и диагностики воздухосборника используются различные методы, включая визуальный осмотр, измерение давления, анализ вибраций, термография и прочие. Визуальный осмотр позволяет выявить поверхностные дефекты, коррозию и другие видимые повреждения. Измерение давления воздуха в воздухосборнике позволяет оценить его рабочие характеристики и выявить возможные утечки. Анализ вибраций позволяет выявить механические повреждения и износ подшипников и других деталей. Термография позволяет выявить точки перегрева и потенциальные проблемы с теплоотдачей.

Результаты и обсуждение

Анализ надежности и диагностика воздухосборника объемом 20 м^3 при длительной эксплуатации показали, что он испытывает износ и повреждения, та-

кие как коррозия, утечки и повреждения уплотнений. Это может привести к снижению производительности, увеличению энергопотребления и повышению риска аварийных ситуаций. Таким образом, необходимо провести ремонт и техническое обслуживание воздухосборника для восстановления его работоспособности.

Основные проблемы и вызовы:

Анализ надежности и диагностика воздухосборника объемом 20 $м^3$ при длительной эксплуатации сталкиваются с некоторыми проблемами и вызовами. Одной из таких проблем, может быть, отсутствие надежных и точных данных про работу оборудования на протяжении всего срока службы. Это может быть вызвано неправильными методами диагностики и неполной информацией о параметрах эксплуатации. Кроме того, сложность анализа и диагностики воздухосборника объемом 20м3 может требовать комплексного подхода и применения различных методов и техник, что также создает сложности [2].

Воздухосборники играют ключевую роль в системах сжатого воздуха, обеспечивая стабильное и эффективное функционирование. Рассмотрим преимущества воздухосборника с объемом 20$м^3$ при длительной эксплуатации.

1. Улучшенная стабильность давления.

Воздухосборник объемом 20$м^3$ способен обеспечивать стабильное давление в системе. Это особенно важно при длительной эксплуатации, так как колебания давления могут повлиять на эффективность работы оборудования. Стабильное давление помогает предотвратить износ и повышает надежность системы.

2. Экономия энергии.

Использование воздухосборника правильного объема способствует оптимизации работы компрессора, что приводит к экономии энергии. Это особенно важно в долгосрочной перспективе, поскольку снижение энергопотребления сокращает операционные расходы.

3. Уменьшение нагрузки на компрессор [3].

Воздухосборник играет роль буфера, поглощая избыточное давление и уменьшая нагрузку на компрессор. Это важно при долгосрочной эксплуатации, так как уменьшает износ компрессора и продлевает его срок службы.

4. Повышенная эффективность фильтрации.

С большим объемом воздухосборника улучшается эффективность фильтрации воздуха. Это помогает поддерживать чистоту воздуха в системе и уменьшает риск поломок и сбоев оборудования.

5. Снижение уровня шума.

Воздухосборник также может снизить уровень шума, создаваемого компрессором. Это не только улучшает условия работы, но и снижает воздействие на окружающую среду.

При длительной эксплуатации воздухосборника возможны следующие факторы, влияющие на его надежность:

Коррозия: Воздухосборник может подвергаться воздействию коррозии из-за влаги и загрязнений, присутствующих в сжатом воздухе. Коррозия может привести к появлению трещин и ухудшению качества материала, что в свою очередь повлияет на надежность воздухосборника.

Усталость материала: Циклические нагрузки, вызванные изменениями давления воздуха, могут привести к утомлению материала, особенно в местах соединений. Это может также привести к появлению трещин и снижению надежности воздухосборника.

Проектирование и изготовление: Недостатки в проектировании и изготовлении воздухосборника могут привести к его деформации, ухудшению герметичности и уменьшению надежности.[4].

Заключение:

Исследование надежности и диагностики воздухосборника объемом 20 $м^3$ при длительной эксплуатации позволило определить факторы, влияющие на надежность системы, и разработать методы диагностики для поддержания бесперебойной работы воздухосборника. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации планов технического обслуживания и предотвращения возможных аварийных ситуаций, повышая общую надежность системы воздухообмена. Дальнейшие исследования могут включать в себя анализ эффективности предложенных методов диагностики и их адаптацию для других типов воздухосборников при разнообразных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Парамонов, А. М. Системы воздухоснабжения предприятий: учебное пособие / А. М. Парамонов, А. П. Стариков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с.

2. Усов, А. В. Актуальные проблемы и перспективы развития низкотемпературной техники : учебное пособие / А. В. Усов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 136 с.

3. О ПРОДЛЕНИИ РЕСУРСА ВОЗДУХОСБОРНИКОВ / А.Б. Загродский, И.А. Горбулин, Д.И. Демченко, С.Н. Апухтин // Educatio. — 2015. — № 8(15). — С. 57.

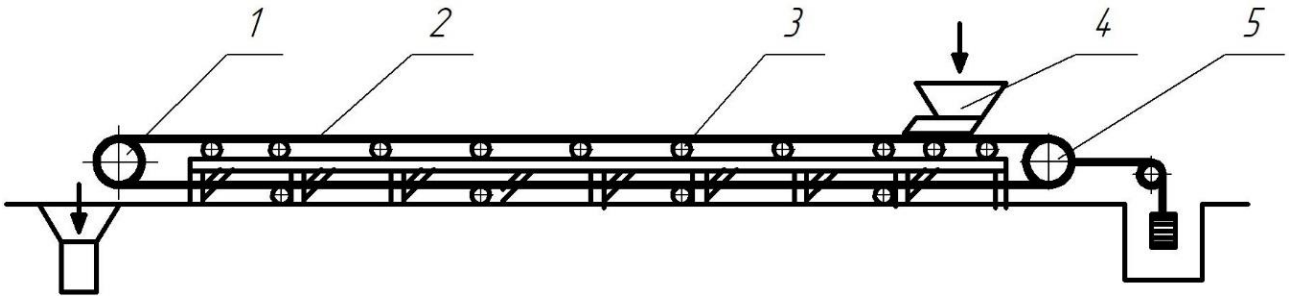
4. Руденская, Е.Н. АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ВЗРЫВООПАСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ / Е. Н. Руденская, Д. А. Драпалюк // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. — 2020. — № 1. — С. 106-111.

ОБЗОР ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шафиев Р.Р., Пчелинцев М.Н.,
Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В машиностроении существует множество задач, связанных с перемещением и перевозкой материалов, деталей и готовых изделий. Возможность эффективно загружать, перемещать и разгружать грузы является важной составляющей процесса производства. Именно поэтому в машиностроении активно применяются различные вспомогательные устройства, способные автоматизировать эти процессы с высокой скоростью и точностью. В данной работе проведён обзор встречающихся на производстве вспомогательных устройств.

Одним из наиболее распространенных устройств для перемещения грузов является конвейер. Он может непрерывно или с определённым тактом перемещать в различном направлении машиностроительные изделия. В зависимости от номенклатуры перемещаемых изделий различают следующие основные виды конвейеров: шнековый (винтовой), ленточный, нория (ковшовый, элеваторный), пластинчатый, пневматический, роликовый, скребковый, тележный, вибрационный и подвесной [1]. На производстве очень часто применяются горизонтальная, вертикальная и наклонная конструкция конвейера. На рисунке 1 представлена типовая схема ленточного конвейера.



1 - приводной барабан; 2 - лента; 3 - опорный ролик; 4 - загрузочная воронка;
5 - натяжной барабан.

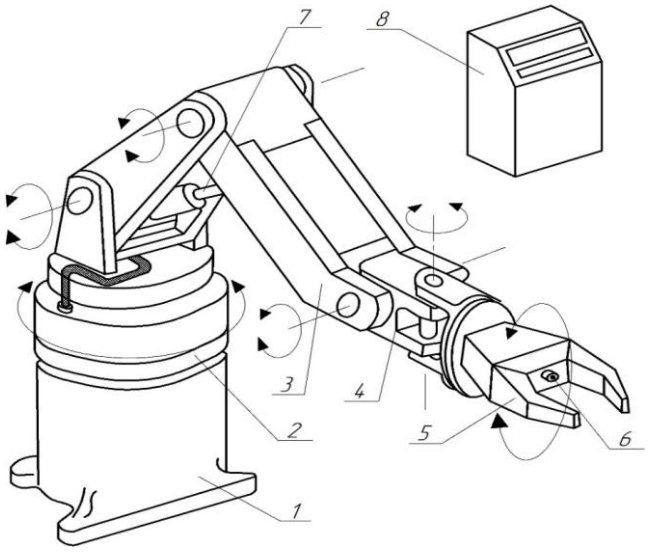
Рисунок 1 - Типовая схема ленточного конвейера

Еще одним распространенным вспомогательным устройством является промышленный робот. В машиностроении они могут исполнять разнообразные функции, включая загрузку и разгрузку деталей, сварку, резку и другие вспомогательные операции. Роботы оснащены специализированной программной обеспечением, которое позволяет им управлять процессом загрузки и разгрузки

с высокой точностью и скоростью. Классифицировать промышленные роботы можно по следующим признакам [2]:

- грузоподъёмность (сверхлегкие, легкие, средние, тяжелые и сверхтяжелые);
- число степеней подвижности (с тремя, четырьмя и более);
- способ установки на рабочем месте (напольные, подвесные и встроенные);
- возможность передвижения (стационарные и подвижные);
- вид привода (гидравлические, электрические, пневматические, электромеханические и комбинированные);
- тип задающего органа (программное и адаптивное);
- система координат (цилиндрическая, сферическая (полярная), прямоугольная (декартова) и угловая).

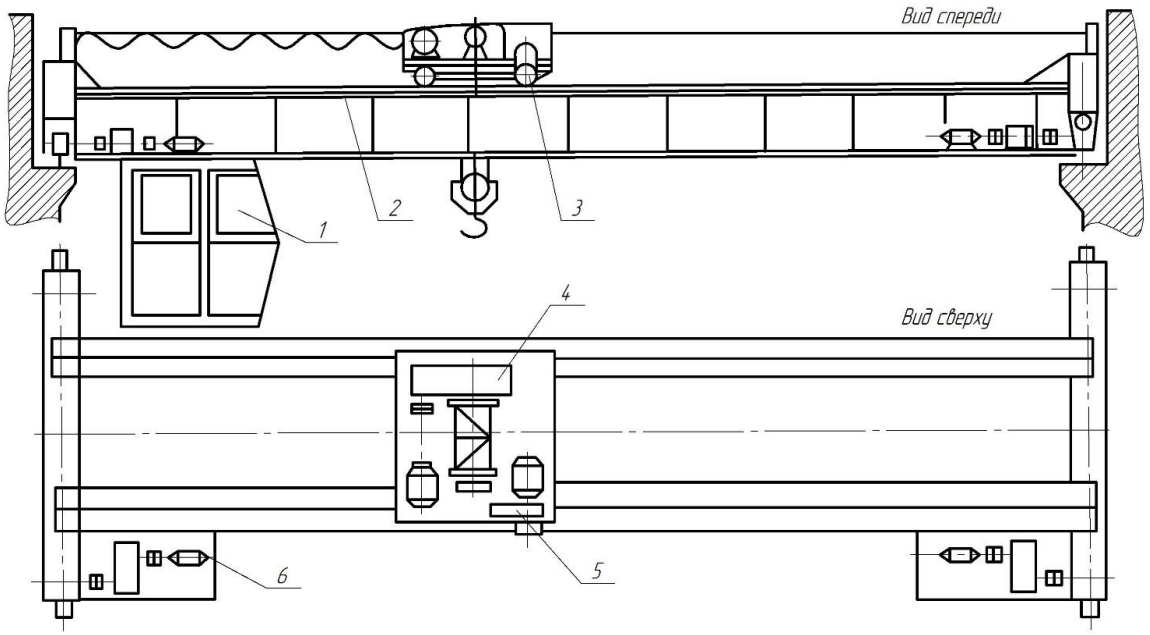
На рисунке 2 представлена компоновка промышленного робота. Данная компоновка обеспечивает автоматизацию и повышает эффективность производства, что сокращает затраты на рабочую силу и повышает качество продукции.



1 - опорная конструкция (основание); 2 - колонна; 3 - рука манипулятора; 4 - кисть; 5 - рабочий орган (схват); 6 - датчик обратной связи; 7 - привод руки; 8 - блок управляющего устройства с пультом.

Рисунок 2 - Компоновка промышленного робота

Помимо конвейеров и промышленных роботов, в машиностроении очень часто используются различные подъемные механизмы. В большинстве своем данные устройства на производстве представлены в виде кранов и талей [3]. Они широко используются на машиностроительных производствах, строительных площадках, в портах и других местах, где требуется перемещение грузов большого веса. Данные устройства используют для захватывания, подъема и перемещения в горизонтальном направлении машиностроительных изделий на сравнительно небольшие расстояния в пределах цеха, участка или склада. На рисунке 3 представлен мостовой кран, на котором



1 - кабина оператора; 2 – мост; 3 - грузовая тележка; 4 - механизм подъема груза; 5 - механизма передвижения; 6 - механизм передвижения моста.

Рисунок 3 - Схема мостового крана

В заключении следует отметить, что вспомогательные устройства играют важную роль в автоматизации машиностроительного производства. Они обеспечивают быструю и надежную загрузку, транспортировку и выгрузку заготовок и готовой продукции на производственной линии, что повышает эффективность производственного процесса и ускоряют его. Все это позволяет предприятиям сократить затраты на рабочую силу, повысить производительность и улучшить качество конечной продукции. Использование современных вспомогательных устройств в различных отраслях машиностроения несёт в себе большой потенциал для дальнейшего развития и применения.

Список литературы

1 Конвейер. Виды и применение. Назначение и особенности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://tehpribory.ru/glavnaia/oborudovanie/konvejer.html. - Загл. с экрана. - Проверено 15.01.2024.

2 Классификация роботов и манипуляторов - Технология железнодорожного строительства [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://studref.com/527688/tehnika/klassifikatsiya_robotov_manipulyatorov.- Загл. с экрана. - Проверено 15.01.2024.

3 Классификация грузоподъемных машин, устройств и оборудования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://atlant-kran.ru/article/124-klassifikaciya-gruzopodemnyh-mashin-i-mekhanizmov.html.- Загл. с экрана. - Проверено 15.01.2024.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИ НА ЭТАПЕ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЕКТАХ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Шумилина Н.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Результаты анализа современных средств поддержки проектного цикла показывают, что в настоящее время обеспечивается лишь информационная и документальная база для принятия проектных решений. Конкурентная среда, в первую очередь, вскрывает потребность в применении интеллектуальных проектных технологий для принятия обоснованных стратегических управленческих решений, которые обеспечат поиск путей оптимального развития предприятия и выбор объектов первоочередного инвестирования. Инвестирование в основные фонды промышленных предприятий, как правило, заключаются в замене физически или морально изношенного оборудования, в модернизации оборудования, в расширении производства, в диверсификации производства и т.д. Однако, анализ существующих систем управления проектами показывает, что в настоящее время не предлагаются методы выбора альтернатив проекта, учитывающих специфику и значимость технико-технологических параметров оборудования, что в значительной мере снижает эффективность результатов проекта. Сроки запланированных работ зачастую срываются, скорость освоения производственных мощностей нестабильная.

Величина проектных ошибок определяется сложностью причинно-следственных связей и неполнотой информационных потоков оперативного и тактического уровня. Особенно это актуально для проектов с длительным инвестиционным циклом. К таким проектам относятся проекты технико-технологического перевооружения промышленных предприятий (ТТППП). Неопределенность и неточность связана с практической неограниченностью количества состояний оборудования, с невозможностью учета всех факторов, действующих на состояние оборудования, с условностью мер надежности состояния оборудования в проектном цикле и т.д.

Реализация конкретной альтернативы проекта это сложная взаимосвязь факторов. При выборе альтернатив необходимо обнаружить эту взаимосвязь и оценить. Для решения подобного типа задач используются методы интеллектуальной поддержки принятия решений [1,2]. Например, методы когнитивного моделирования.

В общем случае процесс когнитивного моделирования представляет собой исследование функционирования и развития слабоструктурированной системы. Модель конкретной ситуации описывается системой уравнений, связывающих факторы исследуемого процесса. Причинно-следственные связи в виде когнитивной карты (узлы - фактор, состояние процесса, дуги-положительное или отрица-

тельное взаимовлияния фактор «причины» на фактор «следствие») отражают динамику сложной реальной качественной системы с обратной связью.

Таблица 1- Качественное описание задачи «Выбор оборудования» в предпроектных исследования

Фаза проекта	Прединвестиционная фаза
Ситуация	Альтернативы проекта перевооружения производства
Цель	Принятие решений по формированию качественного концептуального проекта перевооружения производства
Стратегии управления	Включить рассматриваемую позицию в перечень допустимых альтернатив проекта / не включать
Параметры (признаки)	Состояние объекта перевооружения по результатам экспертизы Продолжительность проекта Уровень качества проекта Объем инвестиций в проект
Целевые ситуации	Формирование концептуального проекта с требуемым уровнем качества

Для решения поставленной задачи необходимо реализовать следующие этапы когнитивного моделирования:

1) определение цели и задач по проекту перевооружения на основе замены оборудования;
2) детальное изучение свойств и характеристик оборудования;
3) сбор и анализ информации для идентификации признаков (факторов) и взаимозависимостей между ними в соответствии с целью и задачами на этапе предпроектных исследований;
4) определение признаков и взаимосвязей исследуемого процесса;
5) определение требований, условий, ограничений;
6) определение заинтересованных лиц;
7) построение когнитивной карты;
8) проведение когнитивного моделирования;
9) анализ развития ситуаций, возникающих по альтернативам перевооружения производства;
10) определение факторов, которые максимально влияют на формирование рисковых ситуаций;
11) определение допустимых альтернатив состава оборудования для технического перевооружения промышленного предприятия в соответствии с требованиями по уровню качества.

Реализация первых шести этапов алгоритма требует системного представления моделируемого процесса. В работе [3] рассматривается системная модель проекта, представленная на рисунке 1. Данное системное представление проекта является основной для определения содержания когнитивной модели на этапе

предпроектных исследований альтернатив состава оборудования. На этапе разработки когнитивных карт имеем условное представление проекта *Lpr*, например:

$$L_{pr}=< P_{r1}, P_{pr1,} S_{f1}, S_{f2}, S_{f3}, S_{f4}, S_{f5}, S_{pr2,} T_{pr5,} Z_{pr1}>.$$

Кортеж полностью характеризует ситуацию по исследованию, отражая ключевые особенности объекта управления и процесса управления. В приведенном примере рассматривается проект по замене оборудования P_{r1}, целью которого является повышение потенциала производства по P_{pr1} (технико-технологический), с учетом всех составляющих структурно-функциональных элементов производства S_{f1}, S_{f2}, S_{f3}, S_{f4}, S_{f5} (персонал, закупки, сбыт, производственный процесс, оборудование) на прединвестиционной фазе F_{pr1}. Рассматривается возможность реализация комплекса мероприятий по замене оборудования S_{pr2} на весь горизонт планирования T_{pr5} с позиции инвестора Z_{pr1}.

Объект управления (*Lpr)*					
ПРОЕКТ ТТППП (**Pr**)					
1. Замена старого оборудования	**2.** Внедрение новых технологий (автоматизация производства, гибкое производство)	**3.** Увеличение объемов производства	**4.** Модернизация производства	**5.** Внедрение энергосберегающей технологии	**6.** Внедрение технологий для решения социальных и общественных проблем
Потенциал объекта промышленного предприятия (**Ppr**)					
1. Технико-технологические критерии		**2.** Организационные критерии		**3**. Финансово-экономические критерии	
Структурно-функциональные элементы промышленного предприятия (Sf)					
1. Персонал	**2.** Закупки	**3.** Сбыт	**4.** Производственный процесс	**5.** Оборудование	
Фазы проекта ТТППП (**Fpr**)					
1. Прединвестиционная		**2.** Инвестиционная		**3.** Эксплуатационная	
Процесс управления (*S)*					
Сценарий моделирования (**Spr**)					
1. Отсутствие управления		**2.** С выбранным комплексом мероприятий		**3.** Поиск определенных мероприятий	
Горизонт моделирования (**Tpr**)					
1. Год	**2.** Квартал	**3.** Месяц	**4.** День	**5.** Прочее	
Субъект управления (Zpr)					
1. Инвестор	**2.** Заказчик	**3.** Исполнитель	**4.** Соисполнитель	**5.** Прочее	

Рисунок 1 - Системная модель проекта перевооружения производства (адаптировано автором на основе работ В.И. Воропаева и Г.И. Секлетова)

Системная модель является основанием для формирования набора факторов для построения когнитивной карты. Формируем план вычислительного эксперимента, например, таблица 2 представляет собой фрагмент плана вычислительного эксперимента для предынвестиционной фазы. Путем имитационного моделирова-

ния была произведена оценка влияния выделенных факторов на показатели проекта технико-технологического перевооружения при развитии сценариев с варьированием факторов.

Таблица 2 – Фрагмент плана вычислительного эксперимента для когнитивной модели

Сценарий	Возмущение	Вершины							
		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8
Сценарий №1	q_1=10 q_2=-10	10	-10						
Сценарий №2	q_3=10 q_4=-10 q_5=10			-10	-10	10			
Сценарий №3	q_6=-10 q_7=-10						-10	-10	
Сценарий №4	q_8=10								10

В таблице 2 введены следующие условные обозначения:

q_1 – уровень квалификации персонала;

q_2 – уровень качества закупаемого оборудования;

q_3 – уровень качества комплектующих для закупаемого оборудования;

q_4 - уровень качества продукции, выпускаемого на закупаемом оборудовании;

q_5 - уровень качества (готовности) производственных площадей;

q_6 - уровень качества разработки проекта;

q_7 - уровень качества (готовности) отдела сбыта по обновленной продукции;

q_8 - процент нарушения сроков поставки продукции.

Результаты имитационного моделирования по сценарию №1 и сценарию №2 приведены на рисунке 2.

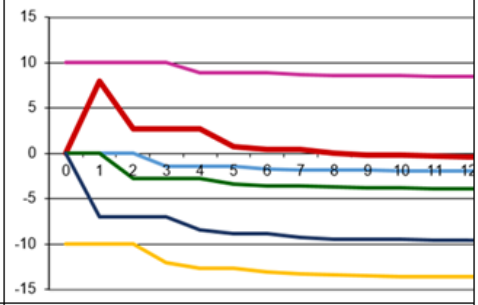
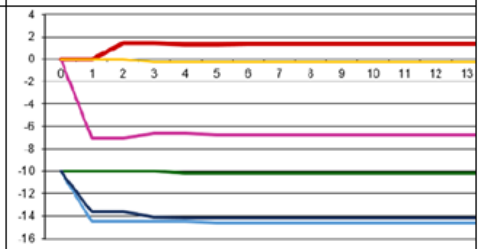
Сценарий	Результат моделирования
Сценарий №1 Импульс поступает в две вершины. Задаемся вопросом: «Что будет, если увеличить требования к качеству подготовки персонала на q1 = 10 % и снизить требования к уровню качеству закупаемого технологического оборудования на q2 = –10 %?»	
Сценарий №2 Импульс поступает в три вершины. Зададимся вопросом: «Что будет, если уменьшить требования по уровню качества комплектующих оборудования q3 = –10 %, снизить требования по уровню уровень качества продукции, выпускаемого на закупаемом оборудовании q4 = -10 % и уменьшить требования по уровню качества (готовности) производственных площадей q5 = –10 %?»	

Рисунок 2 – Имитационное моделирование по сценарию №1 и сценарию №2

В соответствии с полученными результатами моделирования сценария №1 даны следующие рекомендации: если увеличить требования к квалификации персонала на 10 % и снизить качество закупки технологического оборудования на (–10 %), то получаем повышение качества проекта на 3,5%. Однако, дальнейшее уменьшение требований к качеству закупки оборудования приведет к снижению качества обоснования инвестиций на (-8%), при этом качество разработки проекта упадет на (-3,2%).

В соответствии с полученными результатами моделирования сценария №2 даны следующие рекомендации: если уменьшить уровень качества комплектующих для закупаемого оборудования на (-10%), снизить требования по качеству продукции, выпускаемого на закупаемом оборудовании (-10%), уровень качества (готовности) производственных площадей на (-5%), то снизится качество проекта на (-7,5%).

Таким образом, продемонстрированы возможности использования когнитивного моделирования для предпроектных исследований в проектах перевооружения производства. Данный подход позволяет избегать необходимости привлечения моделей на основе трудоемких моделей, например, дифференциальных уравнений, уравнений регрессии и т.д. Практический пример предпроектных исследований на предынвестиционной фазе процесса технико-технологического перевооружения демонстрирует возможности и результаты предлагаемого подхода.

Список литературы

1. Боровский, А.С. Метод интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в проектах промышленных предприятий / А. С. Боровский, Н. А. Шумилина // Информационные технологии. - 2018. - Т. 24. - № 9. - С. 601-609.

2. Гаибова, Т.В Инструменты поддержки принятия решений при планировании проектов цифровой трансформации промышленных предприятий. В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов IX Всероссийской конференции с международным участием. 2019. С. 165-168.

3. Воропаев В.И., Секлетова Г.И. Системное представление Управления проектами. В кн.: Сборниктрудов международного симпозиума: “Управление проектами: Восток-Запад - Грань Тысячелетий.” – Москва, 1-4 декабрь, 1999. СОВНЕТ. – М.: СОВНЕТ, 1999. – т.1 (с.71-77)

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ИНОСТРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РОБОТОВ МАНИПУЛЯТОРОВ

Юдин В.И.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современном мире промышленные роботы являются неотъемлемой частью многих производственных процессов, и наша страна не является исключением. На рисунке 1 представлена столбчатая диаграмма операций, для которых внедряли промышленных роботов в России по результатам исследования на 2021 г. [1].

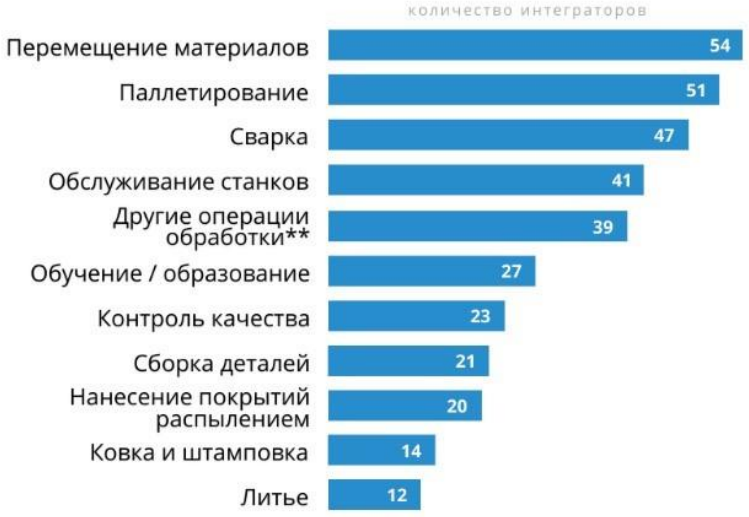


Рисунок 1 – Операции, для которых внедряли роботов в России

На рисунке 2 представлена столбчатая диаграмма установленных промышленных роботов (единиц) мировыми компаниями-лидерами за всё время (по данным на середину 2019 г.) [2].

На диаграмме видно, что все представленные компании иностранные. Из этого можно сделать вывод о том, что зависимость нашей отрасли в области промышленных роботов крайне высока.

В текущей мировой обстановке особенно ситуацию осложняет то, что все эти компании не просто иностранные, а выходцы из недружественных стран. Так, например, Япония, представленная немалым числом компаний, с 3 февраля 2023 года запретила поставлять роботов в Россию, а шведско-швейцарская ABB ушла из России под давлением международных санкций, наложенных на нашу страну [3, 4].

Для примера рассмотрим предприятие с установкой лазерной порошковой наплавки, в состав которой входят промышленный робот ABB IRB 4600 и про-

граммируемый логический контроллер (ПЛК) X20CP1483 производства компании B&R (принадлежащей ABB), рисунок 3. ПЛК связан с контроллером IRC5, управляющим роботом.

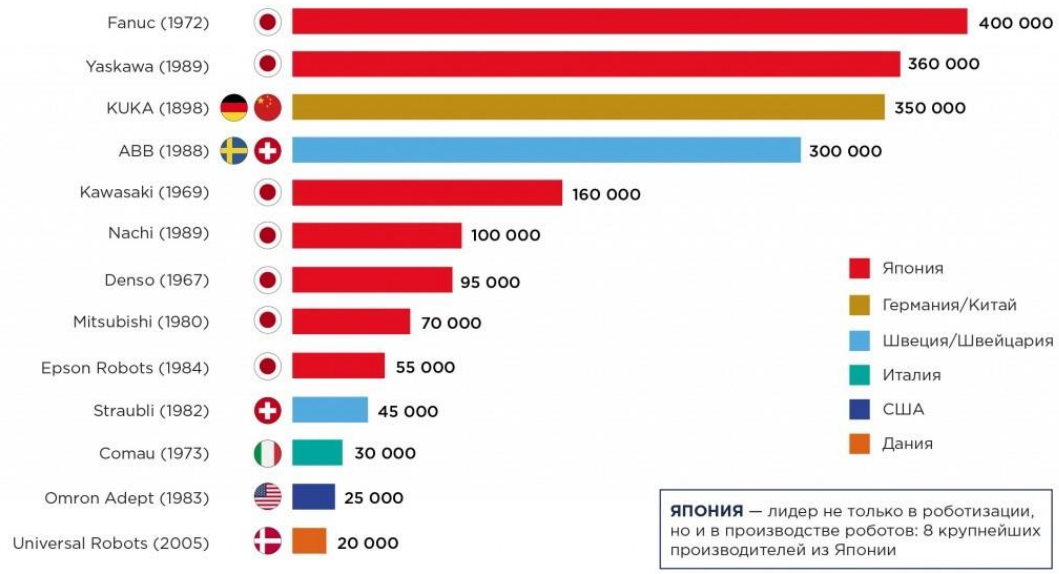


Рисунок 2 – Мировые компании-лидеры по производству промышленных роботов

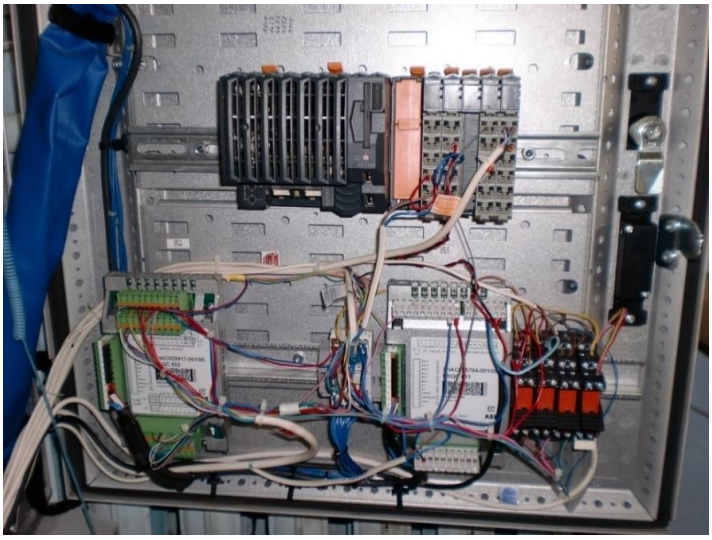


Рисунок 3 – ПЛК X20CP1483

Существует задача по модернизации установки для достижения возможности работать не только с металлическим порошком, распыляемым в зону плавления, но и со сварочной проволокой. Для реализации проекта необходимо добавить исполнительное устройство подачи проволоки, систему измерения расхода проволоки и систему отслеживания проскальзывания. Планируется использовать указанный контроллер, но для работы с ним необходимо соответствующее программное обеспечение (ПО) AutomationStudio, которое недоступ-

но для скачивания на территории России. В указанном примере контроллер программировался сторонними специалистами, потому предприятие данным ПО не располагало, а без него контроллер становится бесполезен.

Одним из вариантов решения проблемы является замена указанного ПЛК на ПЛК отечественного производства, которые представлены такими компаниями как ОВЕН, RealLab, АСУ ПРО, ЭлеСи и другими. Например, на кафедре систем автоматизации производства Оренбургского государственного университета студенты получают навыки работы с ПЛК ОВЕН.

Другими вариантами является повторный найм специалистов со стороны, располагающих всем необходимым, или поиск путей получения указанного ПО, учитывая, что оно будет лишено официальной поддержки от производителя.

Так же не представляется возможным приобрести или продлить лицензию на ПО RobotStudio для оффлайн программирования самого робота. В рассмотренном случае это не является столь критичной проблемой, так как программирование осуществлялось по простым траекториям с пульта оператора, однако на крупных производствах это может стать или, можно даже предположить, что стало огромной проблемой. В качестве альтернативы можно рассмотреть. российское ПО SprutCAM Робот («SprutCAM» — запись в Реестре российского ПО №1435 от 05.09.2016 г.), который позволяет осуществлять оффлайн программирование роботов производства большинства известных компаний, рисунок 3. Программа поддерживает операции фрезерования, обрезки, сварки, резки, наплавки, шлифования и покраски. Однако, не поддерживаются операции перемещения паллет, что является самой распространённой областью применения промышленных роботов в России.

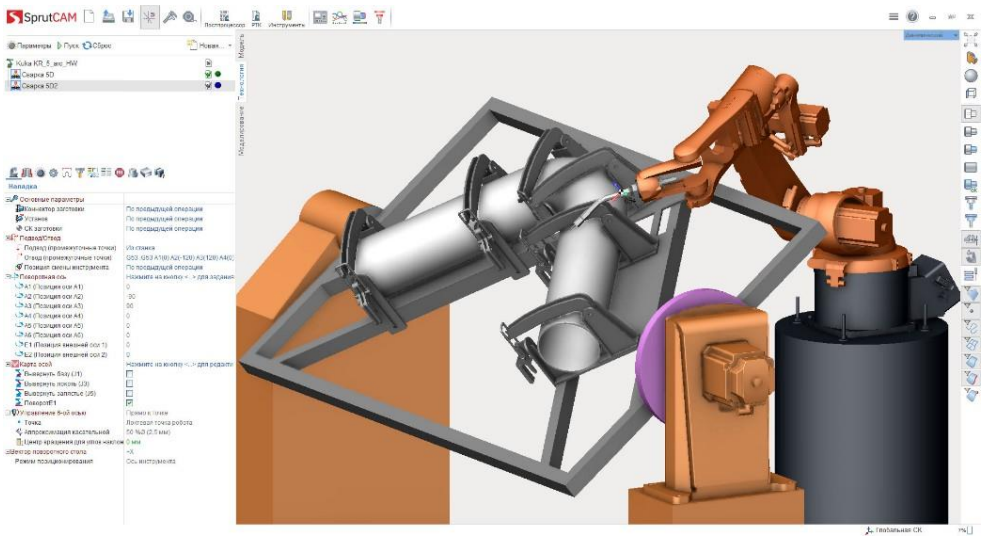


Рисунок 3 – ПО SprutCAM Робот

Разумеется, существуют некоторые обходные пути (в числе которых параллельный импорт), и переход на российское ПО и оборудование можно не осуществлять, однако, насколько эти пути надёжны, безопасны и долговременны – вопрос открытый. Поэтому, можно сказать, что приобретение технологи-

ческого и кадрового суверенитета является одной из главных целей нашей страны на сегодняшний день.

Список литературы

1 TAdviser: Государство, бизнес, технологии [Электронный ресурс]. – Список крупнейших интеграторов промышленных роботов в России 2021 – Москва : TADVISER.RU 2005-2024. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru. – 18.01.2024.

2 СберБанк [Электронный ресурс]. – Ежегодный обзор мирового рынка робототехники –Москва: ПАО «СберБанк» 1997-2024. – Режим доступа: https://www.sberbank.ru. – 17.01.2024.

3 Газета.Ru: российское интернет-издание [Электронный ресурс]. – Япония в рамках нового пакета санкций запретила поставлять России роботов – Москва : АО «Газета.Ру» 1999-2024. Режим доступа: https://www.gazeta.ru. – 18.01.2024.

4 ABB [Электронный ресурс]. – ABB to exit Russian market – Zurich : ABB Asea Brown Boveri Ltd 1995-2024. Режим доступа: https://new.abb.com. – 19.01.2024.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТАНТАЛА, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И КОРРОЗИОННЫХ НАГРУЗКАХ

Юсупов Р.Ю., Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Достижение высоких параметров и обеспечение соответствия современным требованиям к выпускаемой продукции в нефтехимии невозможно без совершенствования технологических процессов, и тем самым, разработки новых конструкционных и материальных исполнений узлов и агрегатов технологических машин и оборудования. Ключевой задачей в решении данных проблем является обеспечение экономической эффективности всех на этапах жизненного цикла оборудования, особенно на стадиях капитальных вложений и дальнейших эксплуатационных затрат.

Одним из векторов развития возможностей нефтехимии является увеличение температуры ведения технологических процессов. Возрастание температуры требует особых компенсирующих мероприятий по отношению к оборудованию, которое с учетом специфики химических процессов требует не только температурной стойкости материалов, а также высокой коррозионной стойкости к агрессивным средам. Решение данной задачи возможно путем применения в качестве конструкционных материалов тугоплавких металлов, таких как тантал. В настоящее время изделия из тугоплавких материалов не получают широкого применения из-за трудностей в сварке и высокой удельной стоимости изготовления. Также для обеспечения экономической эффективности продукции необходимо автоматизировать процессы изготовления сварных конструкций из тугоплавких металлов.

В химической и нефтегазовой промышленности для достижения требуемых параметров процессов требуется применение тугоплавких металлов, которые обладают требуемыми свойствами. Таким конструкционным материалом является тантал и его сплавы. Для достижения технологичности конструирования и производства изделий, требуется применение сварки.

Тантал — химический элемент с атомным номером 73, относящийся к группе Vb периодической системы элементов. Символ тантала — Ta. Этот металл обладает уникальными физическими и химическими свойствами, что делает его востребованным в различных отраслях промышленности, включая электронику, химическую промышленность и медицину.

Микроструктура тантала является ключевым аспектом его свойств. Металл имеет кубическую решетку и высокую температуру плавления, равную примерно 3017 градусам Цельсия. Однако его механические свойства становятся более важными при более низких температурах. Тантал обладает высокой устойчивостью к коррозии и химическим воздействиям, что делает его незаме-

нимым материалом в производстве деталей химических реакторов и оборудования для переработки особо агрессивных сред.

Необходимость в сварке тантала возникает в различных отраслях промышленности. Например, в производстве химических реакторов, теплообменных аппаратов и другого оборудования, используемого в агрессивных химических средах. Также тантал широко применяется в электронике, в частности, для создания конденсаторов высокой емкости. В медицинской технике тантал используется для изготовления имплантатов и медицинских инструментов.

Помимо сварки, важным аспектом обработки тантала является его механическая обработка. Инструменты для обработки тантала должны быть твердосплавными или алмазными, учитывая высокую твердость этого металла. Тантал может быть подвергнут механической обработке, включая токарную и фрезерную обработку, что позволяет создавать сложные детали с высокой точностью.

Сварка тантала представляет собой сложный процесс, который требует специальных навыков и технологий. Одним из основных вызовов при сварке тантала является его высокая температура плавления и склонность к насыщению металла шва водородом, что в дальнейшем приводит к его растрескиванию. Данный аспект является самым значимым при разработке технологии сварки. В связи с этим, процесс сварки тантала требует строгого контроля атмосферы, чтобы предотвратить окисление металла и насыщение его водородом и другими примесями.

Одним из наиболее технологичных способов сварки, потенциально позволяющих выполнять качественные сварные соединения танталовых изделий, является аргонодуговая сварка. Аргонодуговая сварка широко применяется для выполнения сварных соединений из углеродистых, легированных, нержавеющих сталей, а также алюминия и его сплавов.

Однако привычная технология аргонодуговой сварки не обеспечивает должной защиты металла шва и околошовной зоны при сварке металлов, склонных к наводораживанию. Для компенсации данного негативного воздействия наиболее перспективна технология сварки, аналогичная той, которая применяется при сварке титановых сплавов. Одним из технологических решений, применяемых при сварке титановых сплавов является дополнительная газовая защита, которую необходимо обеспечивать в том числе после кристаллизации металла сварочной ванны, до его остывания. Дополнительная газовая защита реализуется путем применения широких, по сравнению со стандартными, газовыми соплами горелок, применением газовых линз, исключающих турбулизацию потока, а также обеспечивающих ламинарное течение аргона из горелки, тем самым значительно увеличивая защитную зону сварочной ванны. Также применяется конструктивное решение, обеспечивающее защиту уже кристаллизованного остывающего металла. Данное решение заключается в конструктивном дополнении сварочной горелки, выполненном вытянутой вдоль шва газовой линзы, в которую непрерывно подается защитный газ, обеспечивая остывание металла в контролируемой среде. Одновременно с этим, аналогичное решение применяется для обеспечения газовой защиты обратной

стороны шва. Технология, при которой обеспечивается газовая защита с обратной стороны сварного шва называется поддувом.

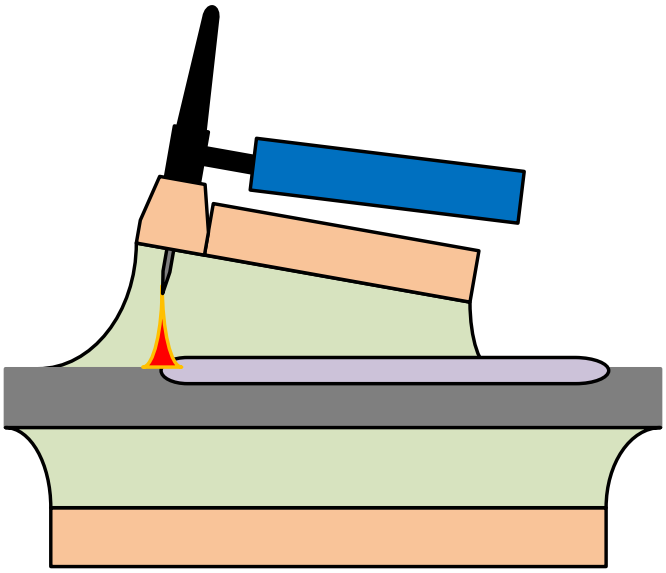


Рисунок 1 – газовая защита шва при сварке титановых сплавов

Однако даже при использовании данных дополнительных мер по обеспечению газовой защиты, не всегда получается выполнить качественные сварные соединения. Это объясняется воздействием факторов окружающей среды и навыков сварщика на комплекс газовой защиты, приводя к его дестабилизаци. Качество газовой защиты шва при данном методе очень сложно контролировать, так как отсутствуют видимые факторы при нарушении сплошности газовой защиты. Так, например, появление цветов побежалости и оксидных пленок и налетов однозначно говорит о нарушении газовой защиты и отбраковке шва. Однако, даже незначительное нарушение сложности газовой защиты, не приводящее к образованию оксидных пленок и налетов, может привести к растрескиванию сварного шва после его остывания и в процессе эксплуатации изделия. Также обеспечение газовой защиты данным образом усложняется при сварке изделий сложной геометрической формы и с конструктивными особенностями.

Для решение этой задачи в промышленности применяются сварочные камеры с контролируемой атмосферой. Сварочные камеры с контролируемой атмосферой применяются в различных отраслях, включая аэрокосмическую, авиационную, нефтегазовую и другие, где требуется высокоточная сварка в условиях строгого контроля качества атмосферы и полного исключения негативного воздействия со стороны окружающей среды.

Сварочные камеры с контролируемой атмосферой бывают разного исполнения. По конструктивному исполнению и механизму взаимодействия с человеком, сварочные камеры можно принципиально разделить на три вида – необитаемые, обитаемые и перчаточные. Принципиальное преимущество сварочных камер заключается в том, что они полностью герметичны, и надежно отделяют сварочную атмосферу от окружающей среды. Обитаемые сварочные камеры применяются для сварки массивных изделий, которые загружаются в ка-

меру, в которую после заполнения газом, через специальный герметичный шлюз осуществляется доступ сварщиков. Такие камеры применяются для сварки массивных деталей. Для сварки небольших изделий рациональнее использовать перчаточные сварочные камеры.

Создание внутри камеры определенной атмосферы возможно несколькими способами. Первый способ заключается в предварительной вакуумной откачке воздуха из камеры и дальнейшему заполнению внутреннего пространства камеры инертным газом. Данный метод требует значительно массивных конструктивных решений при проектировании камеры, позволяющей выдерживать нагрузки, вызываемые атмосферным давлением при вакууме внутри камеры. Другой способ заключается в постоянной продувке камеры инертным газом. Такой способ позволяет значительно упростить конструкцию камеры, однако требует значительно большего расхода сварочного газа.

Во всех типах камер, для работы в них, проводится разгерметизация, через специальный загрузочный люк происходит загрузка свариваемых изделий, вспомогательного оборудования, такого как зажимы, центраторы, слесарный инструмент, а также загружаются расходные сварочные материалы – присадочный пруток, вольфрамовые электроды. Для ведения сварочного процесса в камеру через специальные герметичные изолированные вводы проведены токоведущие части сварочной горелки и клеммы массы, а также шланги водяного охлаждения горелки.

Для изготовления инжекторных устройств из танталовых сплавов для химической и нефтегазохимической промышленности рациональнее использовать перчаточные сварочные камеры с постоянной продувкой.

Проанализировав физико-химические, сварочно-технологические свойства тантала и особенности конструкции свариваемого изделия, необходимо подобрать подходящее сварочночное и вспомогательное оборудование, оборудование сварочного поста, разработать технологическую схему сварочного поста экспериментальной установки.

В качестве источника тока сварки, выбран трехфазный синергетический инверторный источник питания для импульсной AC-DC - сварки со встроенным ВЧ-зажиганием (осциллятором) и возможностью регулировки нарастания и спада силы тока, а также возможностью сварки в режиме пульса. Сварка тантала и его сплавов ведется на прямой полярности, минус на электроде, а плюс на свариваемом изделии. Так как тантал является тугоплавким материалом, то сила тока значительно выше. Так, например, для сварки нержавеющей стали толщиной 1 мм сила сварочного тока составляет в среднем 35 ампер, в тоже время для сварки танталовых листов толщиной 1 мм сила тока составляет 120 ампер. В связи с высокими токами сварки, для предотвращения перегрева сварочной горелки необходимо использовать специальную сварочную горелку с водяным охлаждением, к которой обеспечивается постоянный подвод охлаждающей жидкости.

Для проведения сварки используется безвакуумная перчаточная камера с постоянной принудительной продувкой аргоном высокой чистоты. Состояние

атмосферы внутри камеры контролируется с помощью газоанализатора, находящегося внутри камеры, а также газоанализатора, расположенного на одной из свечных линий, находящихся в верхней части камеры. Подвод аргона высокой чистоты располагается через штуцер ввода газа, расположенного в нижней части камеры.

Технологический процесс подготовки и сварки в данной установке производится следующим образом. После загрузки свариваемых и вспомогательных изделий в камеру и ее герметизации, производится продувка камеры аргоном высокой чистоты. Из баллона газ под давлением переходит в редуктор, в котором происходит снижение давление газа, после газ под низким давлением поступает в распределительный коллектор, который оснащен расходомерами, для точной регулировки газа. После коллектора газ по шлангу поступает на штуцер ввода газа, расположенный в нижней части камеры, после этого газ заполняет камеру, тем самым вытесняя воздух через свечу, расположенную в верхней противоположной части камеры. Также рядом со свечой, расположен штуцер, на который установлен газоанализатор для контроля состава газа на выходе из камеры. Свеча и патрубок газоанализатора оснащены обратными клапанами, для предотвращения обратного течения воздуха внутрь камеры из атмосферы, которое может возникнуть при нагревании и последующем охлаждении газа в камере при сварке, а также при манипуляциях перчаток, выполняемых сварщиков, которые могут привести к изменению объема камеры. Также для дополнительного параметра качества газовой защиты, внутри камеры находится титановая пластина, на которой проводится проба «на пятно».

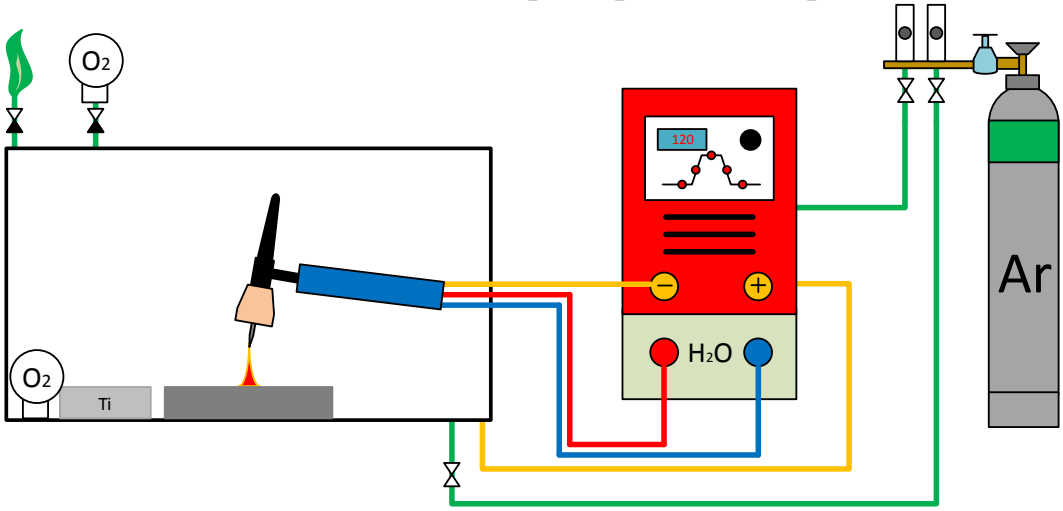


Рисунок 2 – технологическая схема сварочной установки

По результатам анализа физических и сварочно-технологических свойств тантала, а также существующих и перспективных технологий сварки, определена потенциальная возможность использования сварки неплавящимся электродом в среде инертного газа в герметичной камере. Определен необходимый источник сварочного тока, и вспомогательное оборудование для обеспечения работоспособности сварочного оборудования, а также методы и приборы контроля качества защитной сварочной атмосферы.

Список литературы:

1. Kammer, P.A.; Monroe, R.E.; Martin, D.C. Weldability of Tantalum Alloys. 1972. Available online: http://files.aws.org/wj/supplement/WJ_1972_06_s304.pdf (accessed on 24 September 2021).

2. Climent, F.; Castella, G. Caracterización de la reacción de oxidación del tantalio a Ta2O5 mediante difracción de rayos X a alta temperatura, análisis térmico y microscopía electrónica de barrido. Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr. 1997, 36, 413–417.

3. Stelmakh, V.; Rinnerbauer, V.; Geil, R.; Aimone, P.; Senkevich, J.; Joannopoulos, J.; Soljaˇci´c, M.; Celanovic, I. High-temperature tantalum tungsten alloy photonic crystals: Stability, optical properties, and fabrication. Appl. Phys. Lett. 2013, 103, 123903.

4. Greenberg, B.; Ivanov, M.; Patselov, A.; Besshaposhnikov, Y. The processes of fragmentation, intermixing and fusion upon explosion welding. AASRI Procedia 2012, 3, 66–72.

5. Wang, C.; Hang, W. Introduction of tantalum lining pressure vessel. Technol. Wind 2018, 5, 124.

6. Hashim, F.; Salim, R.; Jaffar, M. On the spot brazing and spot soldering of tantalum. Acad. Res. Int. 2013, 4, 457–467.

7. Grevey, D.; Vignal, V.; Issam, B.; Erazmus-Vignal, P.; Tomashchuk, I.; Dominique, D.; Sallamand, P. Microstructuraland microelectrochemical study of a tantalum-titanium weld interface. Mater. Des. 2015, 87, 974–985.

8. Zhou, L.; Yuan, T.; Li, R.; Tang, J.; Wang, G.; Guo, K. Selective laser melting of pure tantalum: Densification, microstructure and mechanical behaviors. Mater. Sci. Eng. A 2017, 707, 443–451.

9. Jakubowicz, J.; Adamek, G.; Sopata, M.; Koper, J.; Kachlicki, T.; Jarzebski, M. Microstructure and electrochemical properties of refractory nanocrystalline tantalum-based Alloys. Int. J. Electrochem. Sci. 2018, 13, 1956–1972.

10. Tang, X. Phase transformations in Ti-Nb-Ta and Ti-Nb-Ta-Zr alloys. Mater. Sci. 2000, 35, 1805–1811.

11. Xing, W.; Ye, J.L. Research on welding technology of tantalum cladding of Tantalum steel composite plate. Prog. Ti Ind. 2011, 28, 38–40.