СЕКЦИЯ 11

«НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИЗ КОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С. 1508

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТОК МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Аленов А.А. 1512

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВОГО НАБОРА НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ Анохин К.Е. 1516

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЕЁ ПОДСИСТЕМ Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент, Арыкбаев И.М. 1520

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СОГЛАСОВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент, Степанов Д.С. 1524

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР СОТОВОЙ СВЯЗИ Баимов А.С., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент 1529

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОР СОТОВОЙ СВЯЗИ Баимов А.С., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент 1533

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРОФИЛИМЕРА ПТС-100 Белов М.В., Русяев А.С., канд. техн. наук 1538

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ КУЗНЕЧНОПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Гончарь А.С. 1543

РОЛЬ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛЯХ. ПРОИЗВОДСТВО БПЛА В СОБСТВЕННОЙ МАСТЕРСКОЙ Бельзецкий Н.М. 1547

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА КАЛОРИЙ ПРИ ЗАНЯТИЯХ СПОРТОМ Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Биштаков М.Д. 1551

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАССЛОЕНИЕ ТОПЛИВА В БАКЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ Близинцев Д.А., Никитин И.С., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор 1556

МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУТЁМ НАНЕСЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ Бурдук Д. Е. 1560

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ Востриков Д.В., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент 1563

ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВ РЕЗЬБ С ПОМОЩЬЮ 3D СКАНЕРОВ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, канд. техн. наук, профессор, Вьюнова И.М. 1569

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕКИХ ПАРАМЕТРОВ НАКЛАДОК ДЛЯ РЕМОНТА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК Гаврилов А.А., канд. техн. наук, Тагирова Г.К. 1574

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ФАСОВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент, Поляков Н.С. 1578

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент, Шнайдер О.Н. 1586

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОСНАЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СБОРКЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ МНОГОРАЗОВОГО КОСМИЧЕСКОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Галкин А.А., Халыков С.В., Каканов Д.А., Калинина И.С., канд. техн. наук, доцент 1590

АДАПТАЦИЯ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗАХ Гиниятуллин И.Р., Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор 1594

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ Дрозд Д.Е., Климов А.Ю., Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент 1597

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК Дудоров В.Б., доцент 1602

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Дудоров В.Б., доцент 1607

АНАЛИЗ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДОЗАТРАТ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ Дядичко Ю.Б., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент 1612

НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ В АВИА- И ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С. 1617

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ Жумашева Б.К., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент 1621

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА АО «КумАПП» Загидуллина А.У. 1626

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Зиамбетов А.И., Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор 1632

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ Исмаилов Ж.А.о, Никитин И.С. 1636

ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТОК ИМПУЛЬСНОГО ДЕТОНАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ Каканов Д.А., Галкин А.А., Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент 1641

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ В САЕ-СИСТЕМАХ Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент, Кутырев Г.В. 1646

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩИХ ВИНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Канчурин Р.Я., Русяев А.С., канд. техн. наук 1652

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент, Карамсаков А.А., Назаров А.Ю. 1659

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор, Кирикова А.Р., Кириков М.Р. 1664

АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ГРАНУЛЯТОРА С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ Кириленко А.С., канд. техн. наук 1669

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ В РАКЕТОСТРОЕНИИ Коваль С.Ю., Захаров И.С., Калинина И.С., канд. техн. наук, Припадчев А.Д., д-р. техн. наук, профессор 1677

ПРОБЛЕМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ И ДИСТАНЦИОННЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент, Корнипаева А.А., канд. техн. наук 1680

О ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ Костюкова О.Н., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент 1683

КОМПОНОВОЧНЫЙ ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЙ МАШИНЫ Логинов В.А., Поляков А.Н., д-р. техн. наук, профессор, Каменев С.В., канд.техн.наук, доцент..... 1687

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Магдин А.Г., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдина Т.А., Жамбаулов М.С., Дюсегалиев Р.М., Псянчина Р.Р..... 1691

ЗАДАЧА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА Мантров Д.Н., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор..... 1697

ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Пихуля Т.Н. 1702

КОМПОНОВОЧНЫЙ ПРОЕКТ МОДУЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-ПЕЧАТИ Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор 1706

РЕТОРТНЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Сарсынбаев Е.А. 1712

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ Маслов А.В., Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент, Букатов Н.В. 1715

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Мельниченко М.А. 1719

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ Мингазов А.А. 1723

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ 3D-ПЕЧАТНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПЛАСТИКА Алиев Э.К., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент..... 1727

ДЕФЕКТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ Золотов В.С., Алиев Э.К., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент..... 1731

ВИБРОДИАГНОСТИКА ИЗНОШЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ Золотов В.С., Морозов Н.А., канд техн. наук, доцент, Алиев Э.К. 1735

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СЛОЕВ ПЕЧАТИ НА ПРОЧНОСТЬ ПЛАСТИКА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент, Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент, Алиев Э.К..... 1739

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ FFF

Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент, Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент, Алиев Э.К., Канчурин Р.Я. 1743

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ БУРОВЫХ УСТАНОВОК Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор, Непейн А.В. 1748

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАЛИВА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Несветаев В.С. 1752

ДЕФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УКЛАДКЕ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА Нестеренко Р.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, доцент, Кудрявцев Д.В., Жанзакова Д.К. 1761

АНАЛИЗ ДВУХ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ АВИАЦИОННОЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ Никитин И.С., Близинцев Д.А., Исмаилов Ж.А.о. 1765

ПРИМЕНЕНИЕ CAD-СИСТЕМ ПРИ РАСЧЕТАХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Носков Д.А., Солдатов Д.С., Езерская Е.М., канд. пед. наук 1768

БУДУЩЕЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – ЗА АДДИТИВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ Панарина О.В. 1772

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРГА ПОТЕРЬ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Каширских Е.В. 1776

ПОМОЩЬ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСУ ТП Пивоваров Д.В., Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент 1783

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СРЕДНЕГО УРОВНЯ АСУ ТП НА БАЗЕ МОДУЛЬНОГО ПЛК Поликарпов К.М., Русяев А.С., канд. техн. наук 1788

РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ: 3D-СКАНИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПРОТОТИПОВ Поляков А.Н., д-р техн.наук, профессор Никитина И.П., канд.техн.наук, доцент Каменев С.В., канд.техн.наук, доцент, Марусич К.В., канд.техн.наук, доцент Гончаров А.Н., канд.техн.наук, доцент Романенко К.С., Логинов В.А. 1793

О КОМПОНОВОЧНОМ ПРОЕКТЕ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЙ МАШИНЫ Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент 1799

КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА Пчелинцев М. Н., Шафиев Р.Р., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент 1807

РЕШЁТЧАТЫЕ СТРУКТУРЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ Селезнев М.В. 1814

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ Сергеев[1]А.И., д-р техн. наук, профессор, Воронин[2] Д.Н. ... 1818

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА ТОЧНОСТИ МЕХАНИЗМОВ Серегин А.А. канд. техн. наук, доцент, Ткачев Н.Н., Барышников В.В., Лисовой И.А., Терехов Е.А. 1824

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В СФЕРУ РАКЕТОСТРОЕНИЯ Солдатов Д.С., Носков Д.А., Езерская Е.М., канд. пед. наук 1827

ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 38ХМ3ЮА Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р., Шалимов А.В. 1831

НАКЛАДКИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК Гаврилов А.А., канд. техн. наук, Тагирова Г.К. 1835

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ И ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗНАКОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С. 1838

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВЫХ СИСТЕМ СБОРА ГАЗА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ Ульянова Т.С., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент 1843

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ХРАНЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ Фаткуллин В.И., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент 1847

КОМПОНОВКА ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОПРОСЕ НАДЕЖНОСТИ Фирсова Е.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Миронова Е.М. 1851

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Халилов Р.Р., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор 1855

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ СВАРКИ Ходжаев М.М., Рулев Д.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1860

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЛЕТОУКЛАДЧИКОВ КАК АСПЕКТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ Цуканов А.В., Русяев А.С., канд. техн. наук 1865

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫСОКОТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор, Спешилова Н.В., д-р экон. наук, профессор 1869

МОДЕЛИ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ Багров К.А., Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент 1873

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ Киселев Н.С., Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент 1877

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Шумилина Н.А., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент 1880

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РАБОТЕ С ПРОМЫШЛЕННЫМИИ РОБОТАМИ Юдин В.И., Русяев А.С., канд. техн. наук 1885

АНАЛИЗ КОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время процесс внедрения новейших технологий идет стремительными темпами, значительно ускоряя различные отрасли производства. Помимо промышленного производства, в настоящее время немаловажным является внедрение современных технологий в современное сельское хозяйство.

Сельское хозяйство в современном мире играет наиважнейшую роль. Во всем мире сегодня наблюдается дефицит продовольствия, вызванный проблемами в энергетическом секторе ряда стран, который спровоцировал кризис производства удобрений. Также сформировались определенные трудности с традиционными поставщиками сельскохозяйственной продукции, что также влияет на мировой спрос и предложение, формируя тенденцию к росту заинтересованности в дополнительных инвестициях в сельское хозяйство [1].

В России же за последнее десятилетие произошли существенные структурные изменения, позволившие в значительной степени нарастить выпуск сельскохозяйственной продукции. Это стало возможным исключительно благодаря внедрению новых интернет-технологий и развитию цифровой инфраструктуры, призванной оказывать поддержку малым и средним фермерским хозяйствам [2].

Не отстает и государственный сектор сельскохозяйственного производства, призванный, в первую очередь, обеспечивать продовольственную безопасность страны. На фоне нарастающего глобального кризиса решение данной проблемы является безусловным преимуществом нашей страны.

Наиболее важные задачи в области сельскохозяйственного производства в настоящее время, заключаются в создании системы точного планирования, вследствие важности выдерживания сроков в живых биологических системах. Потому значительное число исследователей в данной области имеет мнение, что для обеспечения полноценного управления фермерским хозяйством отрасли необходима разработка интеллектуальных систем, обеспечивающих поддержку принятия решений в данной сфере [3].

Одной из отраслей сельского хозяйства, где проблемы продовольственной безопасности решены не в полной мере является молочное животноводство [4]. Разработка решений для этой отрасли позволило бы существенно повысит производство молочной продукции в нашей стране.

Важнейшей проблемой управления в молочном животноводстве является процесс оперативной оценки показателей, позволяющих анализировать главнейшие характеристики питания животных, которые являются основой при оценке молочного производства.

Основой молочного производства, помимо самих животных является процесс их откорма [5]. Правильное, сбалансированное питание дает заметный рост надоев – главного показателя, от которого зависит эффективность производства молочного животноводства. Для этого многие хозяйства организовывают собственное выращивание и производство кормов, что позволит им не только существенно экономить на закупках, но и более сбалансированно подбирать состав рациона питания.

Поэтому целесообразно рассмотреть процесс питания животных, как ключевого момента в вопросе молочного производства.

При декомпозиции процесса питания животных особое внимание уделялось, в первую очередь, непосредственно механизму работы живой системы; факторы производства, финансовые и трудовые из рассмотрения были исключены, чтобы не загромождать схему. В данном случае в качестве входящих потоков можно определить совокупность кормовых культур, почвы, в которые семена данных культур в дальнейшем будут посажены, климат и его составляющие, а также характеристики поголовья скота, выявленные при прошлой декомпозиции (порода и физические характеристики).

Выходной поток при производстве питания животных – собственно, сами корма. Управляющим потоками являются уже перечисленные законы, стандарты и санитарный надзор.

Механизмами, обеспечивающими производство могут быть процессы, вязанные с методами возделывания, удобрения и кормовые добавки. На рисунке 1 отображена контекстная диаграмма А-0, содержащая основные сведения о процессе производства кормов для животных и обо всех выделенных потоках.

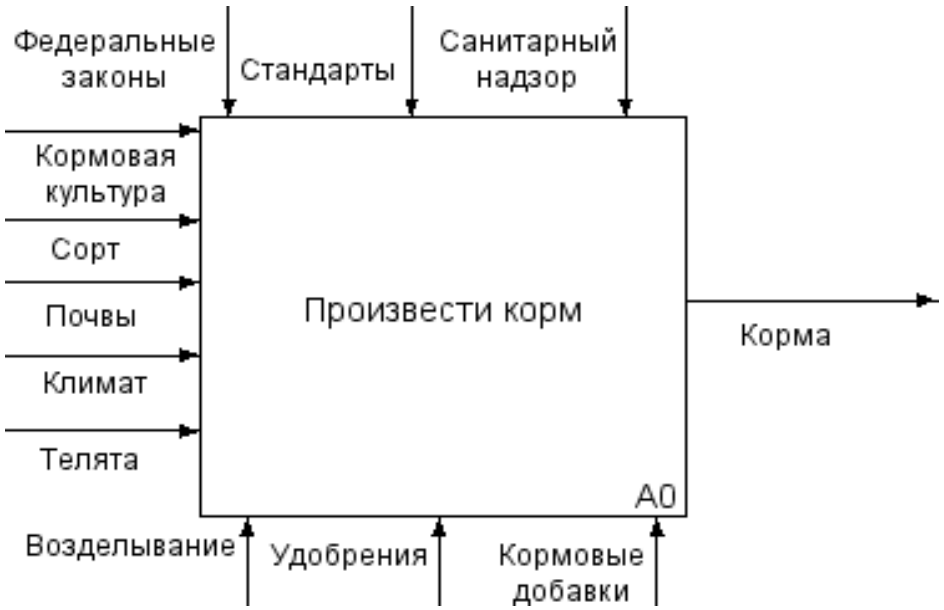


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма А-0 производства кормов животных

Далее необходимо провести декомпозицию полученной диаграммы. Процесс производства кормов начинается с фазы посева. Для посева необходимо иметь информацию о том, какие именно культуры и какие сорта данных культур используются. В процессе созревания формируется урожай, на который существенное влияние оказывает климат. Урожай участвует в формировании рациона животных, а доение последних позволяет получать итоговый продукт – молоко, которое идет на реализацию, порождая финансовые потоки. Семена имеют свои характеристики, в виде культур и сортов для выращивания. Существуют, также, различные сроки и нормы высева, что позволяет оказывать управляющее воздействие на урожайность, а через нее – на конечный продукт – на стадии посева.

На стадии посева, можно добиться улучшения выходных характеристик урожая посредством изменения способов возделывания почв. В процессе созревания применяются различные удобрения. При формировании рациона животных участие принимают еще и кормовые добавки. Все это оказывает существенное влияние на корма и на итоговый показатель продуктивности молочного производства. Указанные элементы и воздействия отображены на диаграмме декомпозиции А0 (рисунок 2).

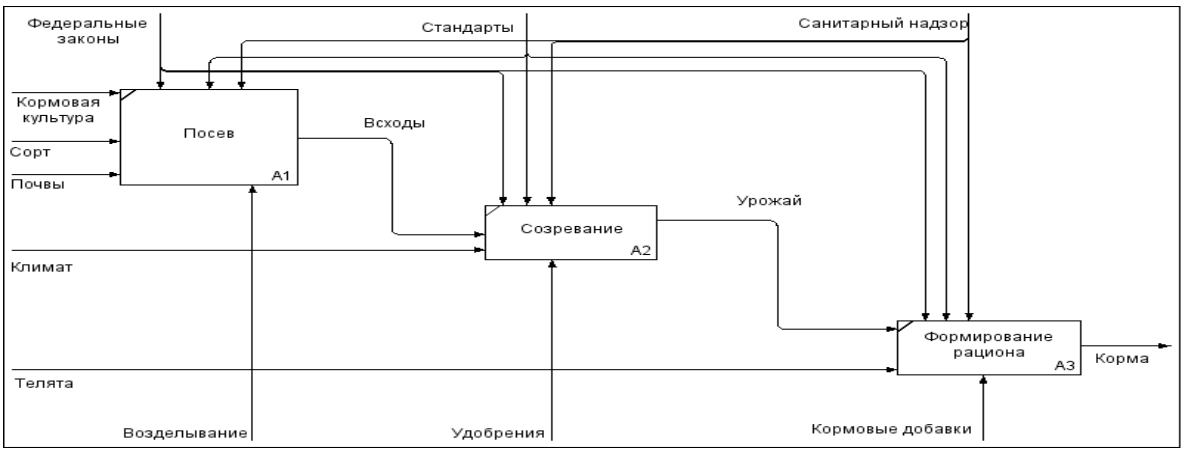


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции А0 производства кормов животных

Таким образом, все приведенные выше схемы в полной мере отображают процесс молочного производства и все сопутствующие этому процессы и факторы. Отдельно отметим, что основой прироста надоев является кормовая база, на которую влияют совокупность семян кормовых культур, почвы, в которые семена данных культур будут посажены, климат и его составляющие.

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. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТОК МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

Топливный бак – это резервуар, в котором хранится жидкое топливо. Он устанавливается непосредственно на летательный аппарат (ЛА). Топливопроводы идут от топливных баков для подачи топлива в силовую установку. Топливные баки также могут быть установлены на летательном аппарате для подачи топлива в систему отопления.

Топливо хранится в специальных топливных баках, которые классифицируются как балансировочные, расходные и основные (с учетом типа самолета, балансировочные и расходные баки могут быть исключены из топливной системы). Топливо может подаваться в двигатель из любого топливного бака, но обычно используется специальный расходный (коллекторный) бак, в который топливо из основного бака подается в фиксированной последовательности.

Топливные системы с расходными (резервными) баками более надежны (особенно в военных самолетах), так как при выходе из строя основного бака резервный бак (до 20% топлива) остается в запасе и может быть защищен броней; один (или несколько) резервных баков оснащаются специальным устройством для постоянной подачи топлива в двигатель при выполнении маневров с разными перегрузками, при этом мощность двигателя может быть бесперебойной во время маневров и т.д. [3].

Топливные баки могут быть расположены в фюзеляже или в крыльях воздушного судна (симметрично относительно центра масс). Оба способа размещения топливных баков имеют некоторые недостатки и преимущества. Топливные баки в крыльях имеют большую площадь поражения, что снижает функциональность топливной системы. Это основное слабое место такого способа расположения топливного бака. При этом размещение топлива в крыльях в определенной степени увеличивает вес конструкции крыла, вследствие чего масса топлива в крыльях смягчает изгибающий момент крыльев в полете. К тому же, при расположении топлива в крыльях большая часть фюзеляжа может быть занята полезной нагрузкой, что имеет первостепенное значение для транспортных самолетов и авиалайнеров. Из-за чего на всех тяжелых военных, транспортных и пассажирских самолетах топливные баки в основном расположены в крыльях, рисунок 1.

Рисунок 1 – Топливные баки воздушного судна семейства ERJ

Для военных самолетов (главным образом для истребителей на небольших высотах) более рациональным может оказаться размещение топлива в фюзеляже. Неуязвимость летательного аппарата можно повысить, разместив топливные баки в фюзеляже над центропланом, двигателями и шасси, чтобы создать своеобразный щит от зенитного огня, рисунок 2.

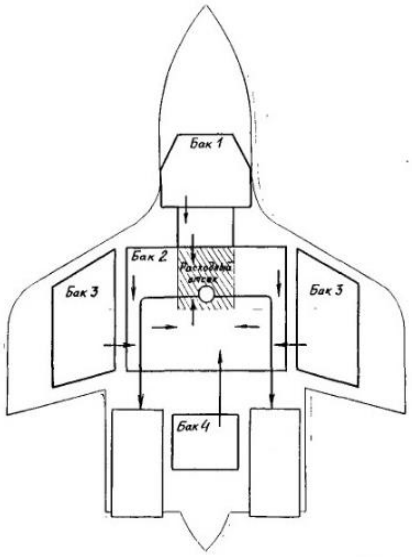


Рисунок 2 – Схема расположения топливных баков Су-27

По конструктивному строению топливные баки можно разделить на три вида: мягкие баки, жесткие баки, и баки-отсеки, которые являются составной частью конструкции воздушного судна. Основными преимуществами резервуаров из мягкой резины являются более высокая степень использования объема по сравнению с жесткими резервуарами, техническое превосходство и простота изготовления и использования (их можно свернуть в рулон и

установить через небольшой люк). Мягкие баки также менее подвержены вибрации, не скалывают края при выстреле (небольшие отверстия покрываются специальным слоем резины) и обладают лучшими изоляционными свойствами.

Масса жестких баков меньше массы мягких баков (вместе с их контейнерами). Также жесткие баки могут быть относительно легко демонтированы.

Герметичные баки-отсеки (бак-конструкция) в наибольшей степени целесообразно используют внутренний объем воздушного судна, так как самого топливного бака нет, а топливо заливается в отсек крыла или фюзеляжа, внутренняя поверхность которого покрыта термостойким и керосиностойким герметиком. Использование баков-отсеков способствует увеличению запаса топлива на воздушном судне. Притом баки-отсеки подвержены повреждениям, что снижает надежность топливной системы и затрудняет ремонт. Топливо в баках-отсеках подвергается прямому воздействию высоких температур при полете на сверхзвуковых скоростях и низких температур при полете на дозвуковых скоростях [2].

Преимущества перечисленных видов топливных баков проявляются в меньшей или большей степени в соответствии с предназначением воздушного судна. Современные летательные аппараты часто оснащаются одновременно несколькими типами топливных баков.

Предъявляются различные требования к конструкции топливных баков:

- размещение (хранение) определенного количества компонентов топлива;
- поддержание стабильной подачи компонентов топлива в двигатель при всех допустимых режимах полета и колебаниях топлива в баке;
- обеспечение жесткости и прочности в рабочем диапазоне нагрузок при минимальном весе резервуара;
- применение оптимальных конструкторских решений и передовых технологий производства и контроля;
- применение рациональной компоновки баков на воздушных судах, обеспечивающее удобства заправки и эксплуатации и минимизирующее смещение центра масс в процессе выработки топлива;
- производство материалов с высокими удельными прочностными характеристиками, коррозионной стойкостью (агрессивные компоненты) и пластичной деформацией при низких температурах (криогенные компоненты)[1].

При проектировании топливных баков необходимо учитывать ряд конструктивно-геометрических свойств конструкции, массогабаритные и прочностные характеристики, а также требования заказчика к размещению топлива. В условиях жесткой рыночной конкуренции производители воздушных судов вынуждены полагаться на передовые новые технологии на всех этапах жизненного цикла летательного аппарата, включая этап проектирования.

Сложность процесса проектирования новых или усовершенствование имеющихся топливных баков для летательных аппаратов делает невозможным применение традиционных методов, обходящиеся без применения системы автоматизированного проектирования (САПР).

На сегодняшний день большинство комплексных САПР, применяемых для проектирования топливных баков летательных аппаратов, включая CAD/CAE/CAM-системы для автоматизированных проектирований, инженерного расчета и для подготовки производств, имеют главный недостаток. Он заключается в том, что в них отсутствуют подсистемы для расчета летно-технических и аэродинамических характеристик, используемые на наиболее наукоемких стадиях предпроектного исследования (в некоторых источниках – предэскизного проектирования), связанные с уточнением технического задания (ТЗ) и формированием технического предложения (ТП) на проектирование. В то же время стоимость научных исследований составляет 40% от стоимости производства сложных технических объектов.

Несмотря на совокупный опыт и многочисленные публикации, существуют несколько нерешенных проблем, касающихся автоматизированного проектирования топливных баков летательных аппаратов:

- на основе моделирования топливных баков летательных аппаратов не существует комплексного метода синтеза и анализа проектных решений, учитывающих их режимные, прочностные, аэродинамические и массовые характеристики, а также характеристики места установки;
- не существует критериев для оптимизации топливных баков летательных аппаратов с учетом вышеупомянутых характеристик:
- нет модуля для проектирования компоновки топливных баков летательных аппаратов для создания семейств летательных аппаратов.

В связи с вышеизложенным, разработку методов и средств автоматизации предпроектных исследований топливных баков летательных аппаратов можно считать актуальной научной задачей, имеющей большое значение для эффективности автоматизированных систем проектирования летательных аппаратов.

Список литературы

1. Братухин А.Г. Авиастроение: Летательные аппараты, двигатели, системы, технологии / под ред. А.Г. Братухина. М. : Машиностроение, 2000. – 536 с.

2. Матвиенко А.М., Акимов А.И., Акопов М.Г. и др. Проектирование, конструкция и системы самолетов и вертолетов / под ред. А.М. Матвиенко // Энциклопедия. Машиностроение. Т. IV-21.Кн. 2. М. : Машиностроение, 2004. – 752 с.

3. Погосян М.А. Проектирование самолетов : учебное пособие / под редакцией М. А. Погосяна // Изд. 5-е, перераб. и доп. М. : Машиностроение, 2018. – 864 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВОГО НАБОРА НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

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

Металлы, используемые в конструкциях летательных аппаратов, производятся с использованием различных процессов, наиболее распространенными из которых являются ковка, экструзия, прокатка и листовое формование. Другими процессами, используемыми в аэрокосмической промышленности, являются сверхпластичное формование и горячее изостатическое прессование. Общим для всех процессов ковки является пластическая деформация металла, которая увеличивает прочность при одновременном изменении формы. Большинство процессов формования предназначены для одновременного упрочнения и деформации металла в простую форму, такую как лист, пластина или пруток, который затем подвергается термической и механической обработкам. Пластическое формование кованого металла повышает механические свойства (за исключением сопротивления ползучести) за счет механизмов упрочнения при обработке, измельчения зерна, устранения дефектов литья (таких как пористость) и разрушения сегрегации сплава. Процессы формования, используемые для изготовления кованых металлов, являются основной операцией в авиастроении [2].

Предел текучести кованого металла обычно на 10-30% выше, чем у литого металла с тем же составом сплава. Другие свойства материала, важные для авиационных конструкций, такие как усталостная прочность и вязкость разрушения, также выше у кованых металлов. Механические свойства не только лучше у кованых металлов, но и их свойства, как правило, более постоянны в зависимости от компонента, чем у литого металла. Свойства компонентов из литого металла более изменчивы из-за местных различий в структуре зерен и сегрегации легирующих элементов. Кроме того, пористость будет выше в литых металлах, поскольку литейные поры устраняются при операциях формования, используемых для получения кованых металлов. Кованый металл является предпочтительным материалом по сравнению с литым металлом в авиационных конструкциях и двигателях благодаря более высоким и стабильным механическим свойствам и меньшему количеству дефектов литья.

Сверхпластическое формование – это специализированный процесс, используемый для придания металлической заготовки до больших пластических деформаций, например, для получения тонкостенных деталей. Сверхпластичное формование предполагает деформирование материала по

меньшей мере на 200% за пределы его первоначального размера, хотя у некоторых металлов деформация может превышать 1000% [1]. На рисунке 1 показаны основные этапы, связанные со сверхпластичным формованием металлического листа. Лист помещается в полость штампа, а затем нагревается при равномерном приложении высокого давления газа для пластического деформирования металла в деталь сложной формы. Во время сверхпластической деформации металл становится равномерно тоньше по всей детали, причем не происходит локального утолщения (или локального истончения).

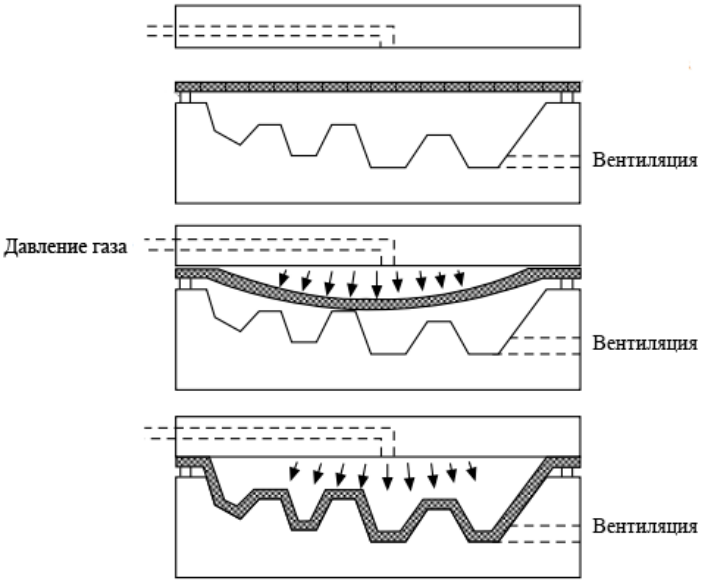


Рисунок 1 – Схема сверхпластической формовки

Сверхпластичное формование используется аэрокосмической промышленностью в качестве экономичного процесса для изготовления сложных компонентов, имеющих форму, близкую к форме и изделия, как единое целое. Это сокращает количество отдельных деталей и стоимость сборки, часто связанную с изготовлением сложных компонентов. Например, из одного листа может быть изготовления сложная конструкция нервюр, стрингеров и обшивки в виде цельной детали. Сверхпластичное формование обеспечивает экономию веса и затрат практически на каждом современном самолете. Однако сверхпластичное формование не всегда является наиболее экономичным процессом. Процесс сверхпластичного формования медленный, а затраты на материалы выше, чем для обычных сплавов. Сверхпластичное формование обычно дает экономическое преимущество, когда требуется среднее количество сложных деталей, которые обычно изготавливаются из дорогостоящих материалов, обладающих низкой формуемостью.

Заключительный этап изготовления авиационных металлоконструкций включает в себя операции механической обработки, такие как фрезерование, точения и сверление. Все чаще эти процессы выполняются автоматически с

использованием станков с числовым программным управлением для повышения производительности и точности. Детали сложной формы могут потребовать большого объема механической обработки (до 90%), а используемые процессы фрезерования, точения и сверления имеют решающее значение для скорости и качества производства. Удаление материала обычно становится более трудным с увеличением твердости, и обработка твердых металлов, таких как титан, выполняется с использованием специальных методов, таких как лазерное фрезерование.

Фрезерование – это обычный процесс механической обработки, который включает в себя использование многозубой фрезы для удаления металла с поверхности заготовки для создания плоских и угловых поверхностей и канавок.

Сверление является важной операцией при предварительной сборке самолета из-за большого количества крепежных элементов, болтов, шурупов и заклепок, необходимых для соединения многих компонентов планера. Сверление панелей и последующая установка крепежных элементов – одна из наиболее трудоемких операций в аэрокосмическом производстве (как для металлов, так и для композитов). Просверленные отверстия также являются распространенным источником повреждений в конструкциях самолетов, особенно трещин и поэтому правильное сверление и установка крепежа имеют важное значение для целостности конструкции. Коммерческий авиалайнер может иметь от 1,5 до 3 миллионов крепежных элементов, в то время как типичный истребитель может иметь до 300 000.

Автоматические клепальные машины широко используются во всей аэрокосмической промышленности и имеют возможность сверлить отверстие, проверять его качество и допуски, захватывать заклепку, наносить герметик на заклепку (при необходимости), а затем устанавливать заклепку путем выдавливания. Сверление и установка крепежа могут быть выполнены всего за несколько секунд для каждого отверстия с помощью автоматизированных процессов с использованием высокоскоростных роботизированных станков [3].

Усталостное растрескивание отверстий в крепежных элементах является серьезной проблемой старых самолетов. Аэрокосмическая промышленность использует как холодную обработку крепежного отверстия, так и подгонку крепежных элементов с натягом, чтобы противостоять усталостным повреждениям за счет формирования остаточного напряжения сжатия в металле, окружающем отверстие. Холодная обработка выполняется путем протягивания оправки через отверстие, которое расширяется для пластической деформации за счет сжатия материала. Затем в отверстие, обработанное холодной обработкой, устанавливается крепежный элемент с натягом. Этот тип крепежа расширяется во время установки и тем самым оказывает сжимающее воздействие на материал, граничащий с отверстием. Эти методы могут увеличить усталостный ресурс выше, чем у основной металлической конструкции (без отверстия), из-за остаточного напряжения сжатия,

сопротивляющегося усталостным трещинам, которые растут при нагрузках на растяжение.

Анализ затрат и технологии производства должны быть учтены при разработке концептуального проекта и интегрированы с классическими дисциплинами ракетостроения.

Список литературы

1. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015. – 488 с. : табл., схем., граф., ил. – Библиогр.: с. 467-471. – ISBN 978-5-7638-3166-5.

2. Гуськов, А. В. Технологические процессы обработки металлов при производстве снарядов : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский ; Новосибирский государственный технический университет. – 2-е изд. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – Часть 1. – 128 с. : ил., табл., схем., граф.Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3179-5. - ISBN 978-5-7782-3180-1 (Ч. 1). – Текст : электронный.

3. Кузнецов, В. Г. Обработка металлов резанием : учебное пособие / В. Г. Кузнецов, Ф. А. Гарифуллин, Г. А. Аминова ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2015. – 275 с. : табл., ил. – Библиогр.: с. 251-252. – ISBN 978-5-7882-1648-5. – Текст : электронный.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЕЁ ПОДСИСТЕМ

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

Современное развитие нефтедобывающей промышленности характеризуется большим объемом трудно извлекаемых запасов, повышение эффективности выработки которых можно обеспечить применением новых технологий. В работе [1] выделены четыре уровня развития нефтегазовых технологий, к которым отнесены: традиционные, цифровые, оптические и квантовые технологии. В настоящее время в техническом развитии буровых установок основной движущей силой перемен являются цифровые или информационные технологии. Они базируется на переходе с механической или аналоговой формы на цифровую форму сбора, передачи, обработки, предиктивной аналитики больших геоданных, принятия решений. Основными задачами при создании компьютерных информационных систем на буровых установках являются контроль большого массива информации, качественная ее обработка и отображение в доступной для восприятия форме [2].

Однако легкодоступные нефтяные запасы заканчиваются, при открытии новых месторождений возникают проблемы, поскольку нефтяной пласт залегает ниже, и бурение скважины становится более трудоёмким процессом в более суровых условиях. Для управления этим процессом требуются: большая точность контролируемых параметров, минимизация износа инструмента, уменьшение человеческого фактора и увеличение объёмов добычи. Это приводит к увеличению затрат на строительство добывающей скважины.

Решение таких проблем возможно путем усовершенствования автоматизированной системы управления процессом бурения, которая будет:

– иметь исполнительные механизмы, способные управлять ходами насоса плунжера, двигательным приводом ротора, тормозом и валом лебедки, буровым ключом;

–без участия человека собирать информацию о параметрах момента ротора, веса колонны, расхода промывочной жидкости, давлении в стволе и положении долота на определенной глубине буримой скважины и других;

–анализировать полученные данные о буримой скважине, на основе анализа и сравнения полученного результата с заданными параметрами бурения, делать поправки в текущий процесс бурения.

В результате анализа технологического процесса бурения нефтяных скважин, выделены четыре подсистемы управления:

1)подсистема очистки и подачи буровой жидкости, которая осуществляет регулирование давления или объёма подаваемой буровой жидкости в колонну, ведет контроль очистки и расхода, рассчитывает объём жидкости в баках;

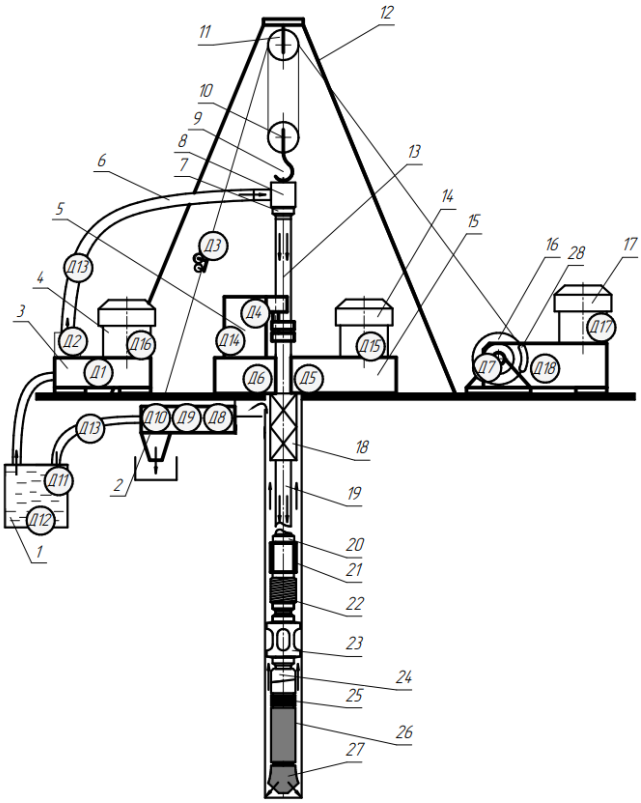
2)подсистема мониторинга и анализа полученных и имеющихся данных, позволяющая непрерывно получать промыслово-технологическую информацию в режиме реального времени, на основании актуальной информации прогнозировать аварийные ситуации (выбросы газа, поломки оборудования, застревание долота);

3)подсистема вращения бурильной колонны, осуществляющая регулирование момента и скорости вращения бурильной колонны;

4)подсистема наращивания колонны и регулирования нагрузки на долото, которая наращивает колонну, поднимает и опускает колонну, регулирует вес колонны.

Каждая из подсистем управляет частью буровой установки, но при этом, следует отметить, подсистемы взаимосвязаны друг с другом.

На основании анализа технической документации, проведенного патентного поиска разработана схема буровой установки, которая представлена на рисунке 1. Кроме используемого технологического оборудования на схеме приведены проектные решения по установке некоторых датчиков на собранной буровой установке, обеспечивающие автоматизацию управления.



1 – бак с промывочной жидкостью; 2 – шламоотделитель; 3 – буровой насос; 4, 14, 17 – силовые агрегаты насоса, ротора и лебедки; 5 – буровой ключ; 6 – шланг; 7 – переводник вертлюга; 8 – вертлюг; 9 – крюк; 10 – талевый блок; 11 – кронблок; 12 – вышка; 13 – ведущая

труба; 15 – ротор; 16 – лебедка; 18 – предохранительный переводник; 19 – бурильные трубы; 20, 24 – переводники; 21, 25 – утяжеленные трубы; 22 – муфтовой переводник; 23 – центраторы; 26 – забойный двигатель; 27 – долото; 28 – тормоз.

Рисунок 1 – Схема буровой установки с установленными датчиками

Рассмотрим использование средств измерения технологических параметров в автоматизированной системе управления процессом бурения.

В подсистеме очистки и подачи буровой жидкости заданное давление буровой жидкости поддерживается исполнительным механизмом силового агрегата насоса и сверяется с текущим данными, полученными от датчика давления буровой жидкости на входе (Д2). Данные с датчиков потока, температуры, электропроводности буровой жидкости (Д8, Д9, Д10) используются при решении следующих вопросов: приходит ли буровая жидкость из скважины, происходят ли там выбросы газа, насколько буровая жидкость пригодна для повторного использования. При расчете объёма имеющего раствора используется информация с датчиков уровняД11, плотности буровой жидкости в баке Д12, расхода жидкости Д13.

Функционирование подсистемы мониторинга и анализа данных обеспечивается информацией с датчиков Д2, Д3, Д4, Д6, Д9, Д13, Д15-Д17. Датчик нагрузки на крюке (Д3) используется при вычислении веса бурильной колонны. Датчик момента на ключе (Д4) необходим, чтобы сравнить момент затяжки труб с необходимым. Данные датчиков ходов насоса плунжера (Д1), вращения силового агрегата (Д16, Д15, Д17) позволяют узнать, работает ли элемент системы, в котором они расположены.

К подсистеме вращения бурильной колонны относятся датчики Д5 и Д6. Данные датчика крутящего момента ротора (Д5) используются для сравнения момента ротора с заданным. Датчик оборотов ротора (Д6) позволяет вычислить частоту вращения колонны.

В подсистеме наращивания колонны и регулирования нагрузки на долото оценка параметров регулирования для ротора, насоса и лебёдки происходит по сравнению с рекомендуемыми значениями по документации на месторождение, на основании значения глубины скважины, полученной с датчика глубины (Д7).Датчик усилия тормоза лебедки (Д18) позволяет вычислить максимально возможный вес колонны.

Технический результат автоматизации комплекса управления заключается в повышении механической скорости бурения, уменьшении извилистости скважины, снижении биения, вибраций и износа элементов, улучшении показателей работы забойного двигателя и срока службы долота. Это приводит к уменьшению трудоёмкости процесса бурения, является фактом увеличения точности контроля и регулирования параметров, минимизирует износ инструмента, уменьшает человеческий фактор при принятии решений и регулировании параметров.

Таким образом, автоматизация управления процессом бурения нефтяных скважин позволит решить некоторые проблемы освоения сложных месторождений и увеличить срок полезной эксплуатации бурильной установки.

Список литературы

1. Дмитриевский, А.Н. Использование методов искусственного интеллекта для предотвращения осложнений при строительстве скважин/ А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников, Л.И. Зинатуллина // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – Тула: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет». – 2021. – Вып. 4. – С. 132-145.

2. Власов, А.И.Обзор технологии: от цифрового к интеллектуальному месторождению/ А.И. Власов, А.Ф. Можчиль// PROнефть. Профессионально о нефти. – 2018. – № 3 (9). – С. 68-74.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СОГЛАСОВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент, Степанов Д.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Принятие решений является едва ли не самой важной функцией управления, от которой полностью зависит его результат. При выполнении этой процедуры необходимо провести анализ большого количества информации и самое главное сравнить по многим вычисляемым критериям множество альтернатив, поэтому без помощи компьютера качественно выполнить эту работу практически невозможно. При этом могут использоваться многие инструментальные приложения такие как ИСУ (Информационная система управления), ИИС (Система исполнительной информации), СГППР (Системы групповой поддержки принятия решений), СОППР (Системы организационной поддержки принятия решений) и т.д., прототипы которых берут свое начало с 80-х годов.

По началу эти системы выполняли лишь функции хранения и поиска нужной информации с реализацией логических функций, довольно жестко связанных с предметной областью. Типичным представителем можно считать систему GADS (Gate Assignment Display System), разработанную Texas Instruments для United Airlines,которая поддерживала принятие решений по назначению выходов на посадку, определению оптимального времени парковки и т. д.

Но уже в конце 1980-х годов стали появляться системы, позволяющие проводить интеллектуальный анализ данных с помощью методологии экспертных систем с использованием правил типа «что, если», а также с помощью некоторых инструментов моделирования.

С середины 1990-х стали появляться интеллектуальные системы поддержки, основанные на статистике машинном обучении нейронных сетей, теории игр и других сложных моделях [4].

При этом сами системы принятия решений существуют очень давно, практически с момента осознания самого феномена управления. К элементам поддержки этого процесса можно отнести все коллегиальные структуры: конгресс, сенат, собор, военный совет, всевозможные совещания, а на современном этапе такие как: «мозговые» аналитические центры, советы главных конструкторов и т.д.

Хотя их поначалу не называли системами поддержки принятия решений, они делали именно то, что должны были делать (частично в некоторых

случаях). До недавнего времени они, конечно, не использовали ЭВМ и принципы их работы, хотя и были регламентированы, но не формализованы, как того требуют человеко-машинные процедуры [2, с.75].

Усложнение объектов управления, увеличение объема информации, принимаемой во внимание, учет все большего количества факторов и динамичность самих процессов управления вынуждают к прогрессивному использованию информационных технологий в производстве. В результате появился новый класс компьютерных систем - системы поддержки принятия решений.

Прогресс общества в любой сфере, например в экономической характеризуется усложнением управленческих задач, непрерывно следующими изменениями и увеличением объемов данных, в частности, об экономической ситуации и динамических процессах [5]. В таких условиях ограниченные возможности конкретного человека в процедуре принятия решений часто вступают в противоречие с требуемой точностью и быстродействием, необходимыми для управлении многими технологическими процессами и социальными явлениями. В результате возрастает риск нарушения и даже потери контроля над ситуацией.

Конечно, эффективность управления в большой степени будет зависеть от того насколько руководители всех уровней владеют методологией принятия решений и системного анализа. В этом случае компьютер выступает не только в роли «мыслящего» помощника человека, но и его советника и должен даже подключать механизмы обучения, если руководитель неопытен. Чтобы наделить компьютер «мыслительными» способностями, необходимо заменить реальную управленческую или экономическую проблему ее математическим аналогом - моделью, а человеческую интуицию и опыт — деревом альтернатив. Эти вопросы рассматриваются в математической теории принятия решений [3, с.200].

Теория принятия решений (Dynamic decision-making) кроме математического обоснования базируется на прогрессе в области информационных технологий и, что немаловажно, на психологии лица, принимающего решение. Получение полной информации о проблеме, о предпочтениях ЛПР, отношении ЛПР к риску, суждения ЛПР о возможных реакциях других субъектов управленческого процесса на принимаемые решения и, самое главное информация об оценке последствий принимаемых решений может быть использовано для выбора наилучшего решения проблем.

Однако системы поддержки принятия решений (Decision support system - DSS) не направлены на то, чтобы заменить человека. Они должны повышать эффективность его работы [7]. Для этого DSS должен иметь интуитивно понятный интерфейс и в идеале уметь общаться с пользователем на естественном языке, содержательная сторона которого характерна для управляемого процесса. Таким образом, основной целью разработки DSS является не автоматизация принятия решений, а реализация эффективного

взаимодействия человека и системы в процессе поиска и принятия решения.

Процесс принятия решений включает в себя последовательность этапов: понимание проблемы, диагностика, математическое или концептуальное моделирование, формулирование альтернатив и выбор наиболее подходящих для поставленных задач, наконец, контроль реализации решения. Поэтому в последнее время в DSS становятся интегрированными системами, основанными на знаниях, позволяющих получать пояснения на всех этапах получения решений. DSS также эволюционирует от пассивной к активной поддержке с точки зрения уровня, на котором они оказывают помощь лицам, принимающим решения.

Действительно, при пассивном подходе к поддержке СППР представляют собой интерактивные информационные системы с удобным интерфейсом. ЛПР выбирает альтернативы, оценивает их, при этом способность системы поддержки подключаться к анализу даже простых альтернатив значительно повышает продуктивность процесса принятия решений. [4,с.192, 8].

В более сложных случаях DSS базируется на наборе взаимосвязанных моделей с адекватной информационной поддержкой исследовательской, экспертной и интеллектуальной аспектов, включающих опыт решения управленческих задач и обеспечивающих участие команды экспертов в процессе выработки рациональных решений.

Например, DSS может использовать процедуру «Push» для принятия решений, включающую следующие методы анализа: регрессионный и дисперсионный, многомерный и дискриминантный, выживаемости и прогноза временных рядов, категориальных данных, структурный, пространственный и факторный, а также систематизацию запросов и средств поиска данных.

Реализация перечисленных функций многомерного анализа позволяет динамически просматривать данные в разных направлениях и измерениях, что в свою очередь определяет перспективные направления поиска оптимального решения. С помощью инструментов запросов формируется отсылка к базам данных, которая характеризуется содержанием и шаблоном, что ускоряет поиск и делает его полным.

Инструменты поиска при этом позволяют компьютеру находить проектные данные и выявлять информационные зависимости [6]. Все это звучит сложно, но на практике проявляется в простой и доступной форме – нужно лишь правильно и последовательно выполнять системные команды и следовать инструкциям.

Правила сопоставления оценок вариантов, основанные на различных предположениях, определяют методы принятия решений, используемые в DSS. Сюда относятся, например, правило большинства, принцип Парето, принцип последовательного рассмотрения, принцип Саати и многие другие [1, с.254].

Большинство DSS позволяют разумно определять относительную важность функций. Кроме того, существуют системы, обеспечивающие взвешивание признаков, сверхрешения и экспертный выбор.

С другой стороны, для получения адекватного решения необходимо тщательно контролировать данные, используемые для выводов [9]. Только проверяя согласованность входных данных, можно избежать формирования ошибочных суждений на основе противоречивых оценок. Например, в СППР на основе метода иерархического анализа вычисляется коэффициент согласованности для всех матриц парных сравнений. Значение этого коэффициента проверяется на превышение определенного уровня. В случае превышения лицу принимающему решение рекомендуется пересмотреть сделанные оценки.

Можно отметить, что спектр информационных систем, связанных с рассмотренными аналитическими приложениями, очень велик. Впрочем, это неудивительно, учитывая многообразие аналитических задач во всех областях человеческой деятельности.

Кроме того, хотя большинство аналитических систем так или иначе основаны на обработке количественной информации, это не исключает возможности использования экспертных оценок, используемых для поддержки принятия решений в тех случаях, когда по тем или иным причинам количественные оценки невозможны.

Таким образом, исследование методов и алгоритмов согласования разнородных инструментов и методов, используемых в системе поддержки принятия решений и, особенно использование их в реализации наукоемких проектов, характеризуется высокой информационной нагрузкой и логической сложностью.

Декомпозиция, представление подсистем и отдельных элементов, а также использование больших объемов данных и информационных потоков позволяют находить приемлемые решения даже в самых сложных случаях. При предъявлении при этом высоких требований к скорости сбора, качеству обработки и процессам получения оперативных данных можно добиваться получения эффективных реализации проектов внедрения перспективных разработок. Это относится даже к очень трудоемким процедурам сравнения множества альтернатив или вариантов реализации, число которых в ряде случаев может исчисляться десятками и сотнями.

Список литературы

1. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях/ А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. Тюмень: Изд–во Тюменского государственного университета, 2020. – 352 с.

2. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике /А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2020. – 368 с.

3. Лафта, Дж. К. Эффективность менеджмента организации. – М.: Русская деловая литература, 2019. – 320 с

4. Пирожков, В.А. О реализации процессного подхода к управлению в

виде системы поддержки принятия решений «Управление деятельностью организации» / В.А. Пирожков // Вестник Тамбовского ун-та. Сер.: Гуманитарные науки. – 2018. – Вып. 11. – 489 с.

5. Терелянский, П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования : монография / П.В. Терелянский ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – 127 с.

6. Пищухин, А.М. Автоматизация и технологизация – два аспекта технического оснащения производства / А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова // Вестник ОГУ. – 2015. – № 9 (184). – С. 170-174.

7. Черняховская Л.Р. Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерий знаний / Л.Р. Черняховская и др. Уфа: АНРБ, Гилем, 2020. – 128 с.

8. Kuzmin M.I. System of Computer Vision for Cold-Rolled Metal Quality Control /V.I. Batischev, M.I. Kuzmin, A.M. Pischukhin, N.A. Solovyov //International Review of Automatic Control, 2016. Vol. 9, no. 4. P. 259-263.

9. Pishchukhin A.M., Akhmedyanova G.F. Algorithms for synthesizing management solutions based on olap-technologies // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 – Enterprise Information Systems. 2018. С. 042001.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР СОТОВОЙ СВЯЗИ

Баимов А.С., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, параметризация моделей, САПР КОМПАС-3D.

Для повышения качества и эффективности деятельности конструкторов и проектировщиков на этапах выполнение рабочих проектов и разработки конструкторской документации целесообразно использовать системы автоматизированного проектирования, которые позволяют выполнить компьютерное моделирование создаваемого оборудования, рассмотреть различные варианты его исполнения, исключить ошибки при оформлении документации и т.д [1].

Создание средств поддержки автоматизированного проектирования опор сотовой связи в производстве выводит предприятие на новый, совершенный, технологический уровень. Средство поддержки позволяет сократить ошибки ручного труда проектирования, а также существенно сокращает время на само проектирование.

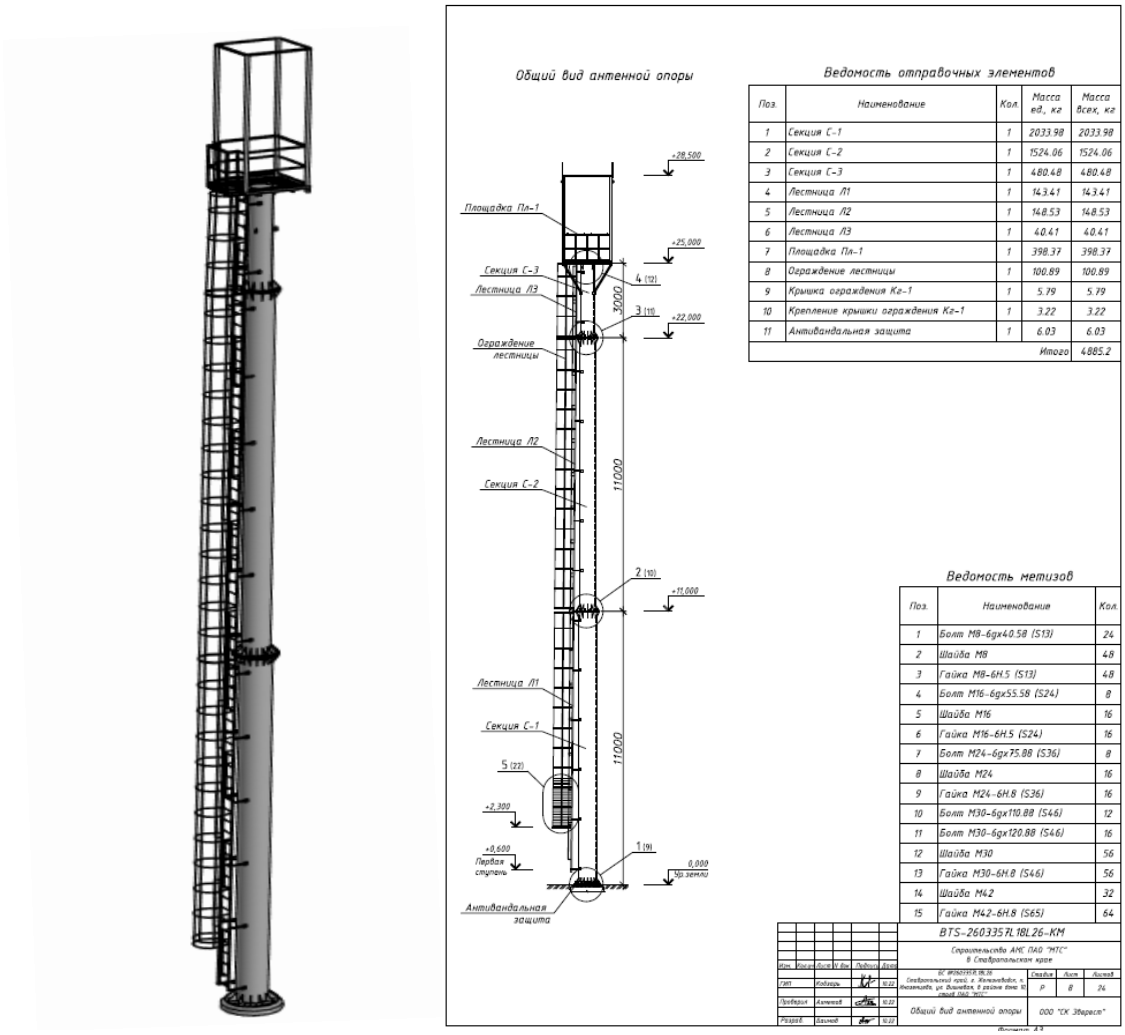
Проведенный анализ современных решений проектирования и уровня отечественных предприятий позволяет сформировать цель работы – замену ручного проектирования средствами поддержки, за счет создание трехмерной параметризированной модели с последующим формированием на ее основе двумерных чертежей.

В данной статье описан разработанный автором программный модуль САПР КОМПАС-3D, реализующий задачу автоматизированного проектирования опор сотовой связи.

В качестве программного обеспечения была выбрана российская система трехмерного проектирования КОМПАС-3D. Концепция средства поддержки предполагает комплексный подход к проектированию (создание 3D-шаблона (рисунок 1), выполнение прочностного анализа, создание2D-шаблона(рисунок 2), создание спецификаций и различных отчетов)[2].

За счет полной параметризации (при изменении каких-либо параметров соединяемых элементов все остальные детали узла автоматически подстраиваются под эти изменения — перемещаются, меняют размеры и пр.) модели средство поддержки позволяет многократно использовать созданную опытную модель для разработки ее различных модификаций, что значительно сокращает время на разработку типовых проектов[3].

К применению параметрических возможностей при работе с чертежной документацией следует подходить взвешенно, оценивая степень реальной необходимости полной параметризации того или иного чертежа.



А – 3D–сборка модели Б – Сборочный чертеж модели

Рисунок 1 – Опытный образец опоры сотовой связи

При параметризации чертежей можно сформулировать следующие общие рекомендации:

1. Имеет смысл параметризовать чертежи деталей, при модификациях которых изменяются только размеры и не меняется топология изображения. Таким образом, однажды созданная параметрическая модель детали может быть быстро перестроена простым изменением значений размеров.

2. Если выполняется новая разработка, оценивается, будет ли она применяться в будущем как прототип. Если нет, тогда параметризация чертежа может не выполняться, так как отпадает необходимость в последующей быстрой модификации. Если же новая деталь будет часто использоваться как стандартный прототип, параметризация ее чертежа имеет смысл.

3. Вероятнее всего, не будет оправданной полная параметризация сложных сборочных чертежей, так как в этом случае велик объем работы по

вводу ограничений и управляющих размеров, а получившейся в результате моделью будет сложно управлять (для пересчета большого количества связей и ограничений требуется много времени).

4. Для оценки преимуществ применения параметризации следует использовать конкретные примеры чертежей, типовые для организации–разработчика, и дальнейшем учитывать полученные результаты при новом проектировании или переработке имеющейся чертежной документации.

Все переменные и получаемые после расчета значения искомых геометрических параметров сводятся в таблицу переменных (рисунок 2).

Переменные

	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Опора 32м (Тел-0, Сборочных единиц-4, Деталей-132)				
	L	L1+L2+L3	25000	Общая высота опоры
	L1	11000	11000	Высота трубы (1 секция)
	D1	720	720	Диаметр трубы (1 секция)
	t1	10	10	Толщина трубы (1 секция)
	L2	11000	11000	Высота трубы (2 секция)
	D2	630	630	Диаметр трубы (2 секция)
	t2	8	8	Толщина трубы (2 секция)
	L3	3000	3000	Высота трубы (3 секция)
	D3	530	530	Диаметр трубы (3 секция)
	t3	8	8	Толщина трубы (3 секция)
	d1	1000	1000	Диаметр по центрам отв. (1 секция)
	k1	12	12	Кол-во болтов (1 секция)
	do1	36	36	Диаметр болта (1 секция)
	d2	900	900	Диаметр по центрам отв. (2 секция)
	k2	16	16	Кол-во болтов (2 секция)
	do2	30	30	Диаметр болта (2 секция)
	d3	750	750	Диаметр по центрам отв. (3 секция)
	k3	10	10	Кол-во болтов (3 секция)
	do3	24	24	Диаметр болта (3 секция)

Рисунок 2 – Таблица переменных опытного образца 3–D сборки

Использование возможностей автоматизированного проектирования позволит создавать конструкторскую документацию опор сотовой связи на основе трехмерного моделирования этих изделий. Это требует рассмотрения вопросов решения графических задач с применением 3D–технологий, что является целью дальнейших исследований в данном направлении.

Список литературы

1. Бабанин, В.С. Методика создания конструкторско–технологической модели детали в среде CAD–системы / В.С. Бабанин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т. 57, № 8. – С. 21–25.

2. Большаков, В.П. 3D–моделирование в AutoCAD, KOMnAC–3D, SolidWorks, Inventor, T–Flex : учебный курс / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, А.А. Сергеев. –СПб. : Питер, 2011. – 336 с.

3. Иванов А.Д., Ямникова О.А. Применение параметризации при разработке конструкторской документации – 4 с.

4. Бочков, А.Л. Трехмерное моделирование в системе Компас–3D: практическое руководство / А.Л. Бочков. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2007. – 80 с.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОР СОТОВОЙ СВЯЗИ

Баимов А.С., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, параметризация моделей, САПР КОМПАС-3D, Python, специализированный расчетный программный модуль.

Актуальной задачей является исследование возможностей, предоставляемых для модификации и создания собственного функционала современных виртуальных сред с помощью интерфейса программирования приложений и применение этих знаний в проектировании комплексного программного решения автоматизированной оптимизации структурно-параметрических моделей на основе заданных условий и диапазонов технико-экономических параметров, таких как размер, масса, материал, выдерживаемые нагрузки, коэффициент запаса прочности, стоимость материала и производства изделия.

На данный момент существуют решения для автоматизированной оптимизации определенных параметров, но представленные решения предоставляют лишь ограниченный набор параметров для выбора и подразумевают вовлеченность человека между итерациями.

Создание средства поддержки автоматизированного проектирования позволит [1]:

- сократить затраты времени на оптимизацию модели;
- значительно сократить затраты времени при повторном использовании модели с измененными параметрами (например, при необходимости создать схожую модель, использующую другие материалы и имеющую меньшие размеры необходимо лишь задать другие условия оптимизации);
- избежать ошибок, вызванных человеческим фактором при оптимизации модели;
- упростить пользовательский интерфейс (от пользователя требуется лишь задание диапазонов параметров и их приоритетов).

Существующие коммерческие САПР предлагают обширный функционал и развитый интерфейс прикладного программирования и, в целом, имеют схожие возможности. В качестве базовой САПР для системы автоматической оптимизации будет использоваться КОМПАС-3D.

Для редактирования параметров моделей создается программный модуль, реализованный как независимое отдельное приложение с собственным графическим интерфейсом разработанный в Python, что позволит без каких-либо сложностей пользоваться всеми необходимыми виртуальными средами, а также обеспечит возможность их независимого контроля. Объектом параметризации является модель активного3D-документа. Модуль работает как средство вычисления параметров, визуализация же осуществляется непосредственно самой программой, то есть некоторый набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, призванный упростить создание пользовательских программных модулей, интегрированных с базовым программным продуктом.

При запуске программы сначала появляется окно приветствия пользователя (рисунок 1).На нём не имеется никаких активных элементов.

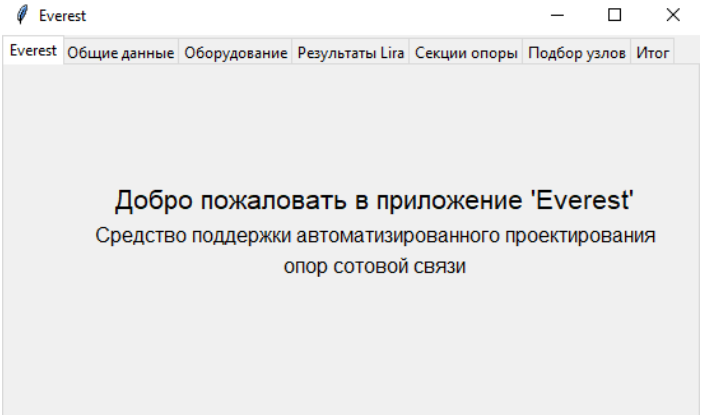


Рисунок 1 – Окно приветствия программы

Для заполнения общих данных в рабочей документации предусмотрены окна «Общие данные» (рисунок 2).

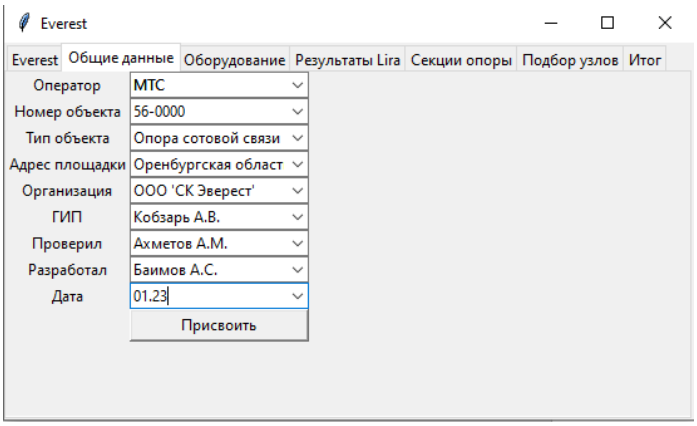


Рисунок 2 – Окно ввода общих данных о заказе проекта

Высотные сооружения связи в области техники связи – это металлические антенные опоры, предназначенные для размещения оборудования связи на необходимой высоте. Данные об оборудовании для расчета несущей способности АО представлены на рисунке 3.

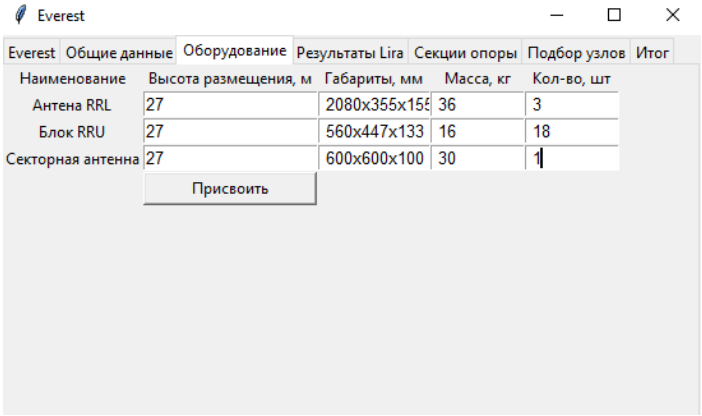


Рисунок 3 – Окно ввода необходимых параметров планируемого для размещения оборудования

Результаты расчетов несущей способности опоры сотовой связи, которые нужны для подбора узлов рабочей документации проекта, вносятся в окна:

– продольные усилия на каждую секцию опоры, т (рисунок 4);
– моменты на каждую секцию опоры, т*м (рисунок 4);
– напряжения поперечных сил на каждую секцию опоры, т(рисунок 4);
– сечения каждой секции опоры, мм (рисунок 5).

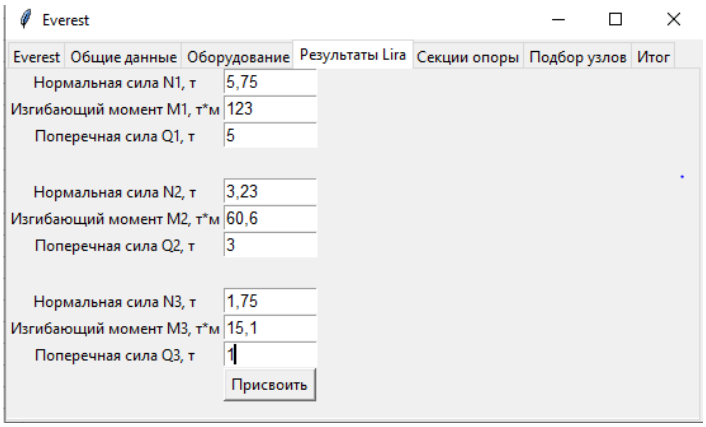


Рисунок 4 – Окно ввода результатов расчета из ПК «Лира»

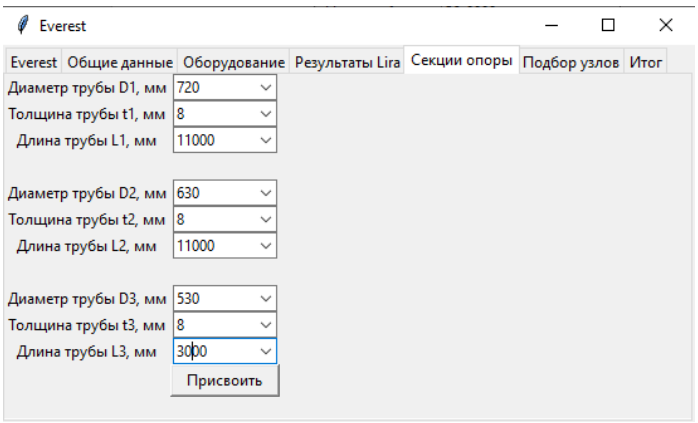


Рисунок 5 – Окно ввода основных параметров секций опоры

Для рационального использования материала выполняем подбор узлов (рисунок 6) - фланцевые соединения, удовлетворяющих заданным условиям и диапазонам технико-экономических параметров.

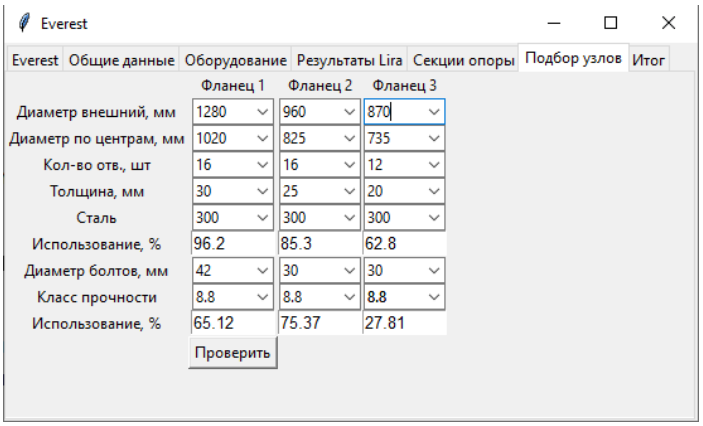


Рисунок 6 – Окно подбора узлов

В крайнем окне приложения (рисунок 7) с учетом введенных данных мы получаем готовую модель с конструкторской документацией.

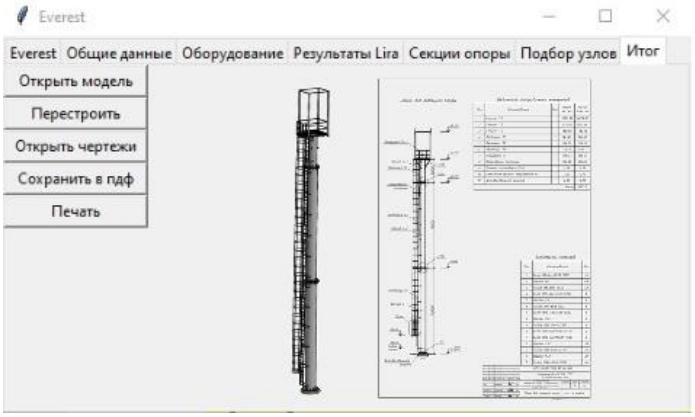


Рисунок 7 – Окно получения модели и конструкторской документации

Так, функциональность средства поддержки легко поможет любому желающему создать, изменять 3D-модель опоры сотовой связи и автоматически разработать подробные чертежи отдельный конструкторских элементов за считанные минуты, но двумерные виды требуют минимальной доработки «вручную».

Список литературы

1. Бабанин, В.С. Методика создания конструкторско–технологической модели детали в среде CAD–системы / В.С. Бабанин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т. 57, № 8. – С. 21–25.

2. Кузьменко, В.Г. VBA / В.Г. Кузьменко. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2012. – 624 с.

3. Жуков, Р. А. Язык программирования Python: практикум: учебное пособие / Р.А. Жуков. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 216 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. – (Высшееобразование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/textbook_5cb5ca35aaa7f5.89424805. - ISBN 978-5-16-016971-2. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1412168 (датаобращения: 26.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРОФИЛИМЕРА ПТС-100

Белов М.В., Русяев А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В Оренбургской области находится крупнейшее на европейском континенте газоконденсатное месторождение и разведано более 50 газовых месторождений. В комплексных поликомпонентных месторождениях суммарные разведанные запасы свободного газа составляют 880 млрд. м³. На территории области более 60 недропользователей владеют порядка 270 действующих лицензий на добычу углеводородного сырья [1].

Контроль и наблюдение за нефтегазовыми скважинами, обсаженными и необсаженными, осуществляется с помощью каротажа, *метода исследования скважин, основанный на спуске в скважину геофизического оборудования с последующим его поднятием и параллельной записью данных, которая может осуществляться при спуске, подъёме, достижении определенной точки или на всём пути оборудования.*

Одними из действующих способов контроля за скважинами являются кавернометрия, для открытого ствола, и профилеметрия, для обсадной колонны. Для их проведения используются рычажные измерители, такие как каверномеры и профилемеры, которые преобразуют изменение позиции рычагов относительно корпуса прибора из-за дефектов в колонне в цифровой код [2].

Для проверки, поддержания работоспособности и точности измерителей используется разнообразное специальное оборудование для проверки рычагов, один из вариантов которого представлен ручным калибровочным устройством и изображен на рисунке 1. Их работа заключается в перемещении рычагов измерителей относительно корпуса по контрольным радиусам и запись этих значений для проверки погрешности их относительно друг друга и построения модели.

Так как движение рычага относительно корпуса профилемера линейно, то в качестве математической модели профилемера будет использоваться линейное уравнение типа [3]:

$$y = A * x + B. \qquad (1)$$

В таблице 1 задаются данные с возможными показаниями каждого рычага в единицах АЦП в каждой из заданных значений радиуса.

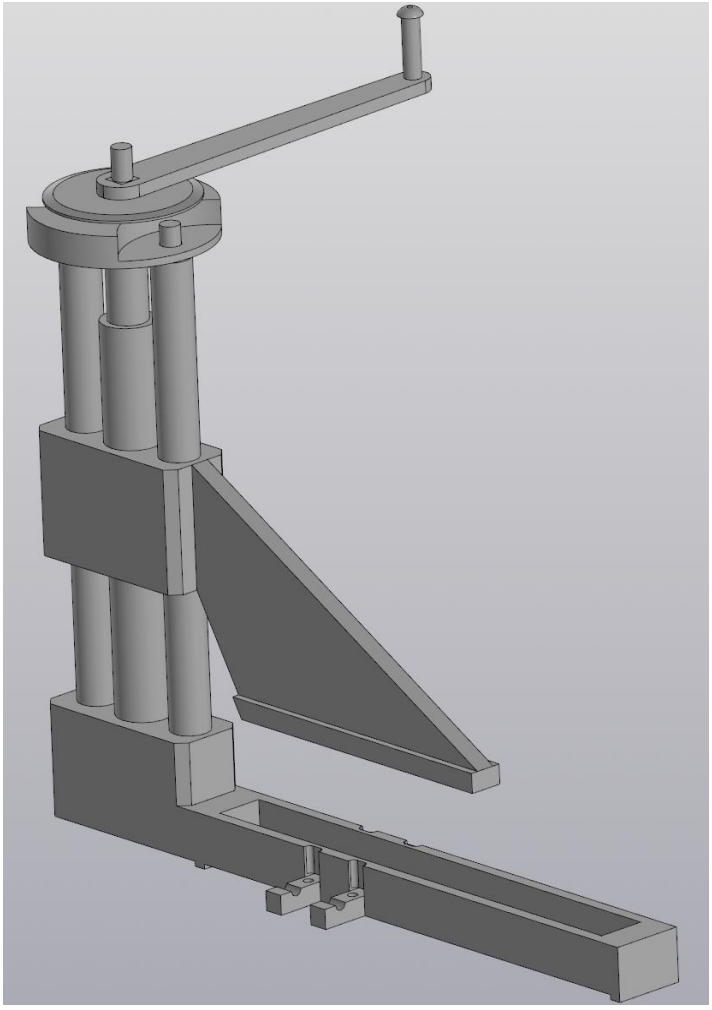


Рисунок 1 – Ручное калибровочное устройство

Таблица 1 – Данные с возможными показаниями для каждого рычага профилемера в единицах АЦП

Задано, мм	Показания, ед АЦП							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
55	510	598	547	678	473	558	670	581
75	920	999	944	1072	887	969	1083	999
95	1317	1390	1345	1462	1271	1374	1476	1397
115	1715	1773	1731	1840	1657	1762	1875	1787
135	2107	2158	2127	2213	2032	2144	2251	2173
155	2489	2534	2512	2618	2405	2528	2617	2558
170	2780	2831	2809	2914	2699	2818	2896	2851

Коэффициенты преобразование *A* и *B* для линейной модели рассчитываются по формулам (2 и 3):

$$A_j = \frac{n * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{з_i} * R_{АЦП_{ij}}\right) - \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}\right) * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{з_i}\right)}{n * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}{}^2\right) - \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}\right)^2}, \quad (2)$$

$$B_j = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}{}^2\right) * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{з_i}\right) - \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}\right) * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{з_i} * R_{АЦП_{ij}}\right)}{n * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{з_i}\right) * \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}{}^2\right) - \sum_{i=1}^{n}\left(R_{АЦП_{ij}}\right)^2}, \quad (3)$$

где n – число строк;

i – номер значения радиуса 1,2..7 (55, 75..155, 170);

j – номер рычага 1,2..8;

$R_з$ – заданные значения радиуса 55, 75..155, 170;

$R_{АЦП}$ – значение радиуса в единицах АЦП.

Результаты расчета коэффициентов преобразования показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета коэффициентов преобразования

A	0,050738	0,051718	0,050912	0,051658	0,052013	0,051067	0,051756	0,050898
B	28,5	23,5	26,9	19,8	29,4	25,6	19,1	24,5

Графики зависимости рычагов в единицах АЦП от радиуса рассчитываются по формуле линейной модели:

$$R_{ij} = A_i * R_{АЦП_{ij}} + B_j. \quad (4)$$

Рассчитанные значения рычагов в таблице 3.

Таблица 3 – Рассчитанные значения в мм

Задано, мм	Рассчитанные значения, мм							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
55	54,4	54,5	54,7	54,9	54,0	54,1	53,8	54,1
75	75,2	75,2	75,0	75,2	75,5	75,1	75,2	75,4
95	95,3	95,4	95,4	95,4	95,5	95,8	95,5	95,6
115	115,5	115,2	115,0	114,9	115,6	115,6	116,2	115,5
135	135,4	135,1	135,2	134,2	135,1	135,1	135,6	135,1
155	154,8	154,6	154,8	155,1	154,5	154,7	154,6	154,7
170	169,5	169,9	169,9	170,4	169,8	169,5	169,0	169,6

Графики зависимости рычагов R1..R8 в единицах АЦП от радиуса с уравнением модели и величиной достоверности аппроксимации показаны на рисунке 2.

Расчет значений погрешности радиусов в каждой точке проводится по формуле по формуле:

$$\mathrm{R}_{ij} = A_i * \mathrm{R}_{АЦП_{ij}} + B_j - \mathrm{R}_{з_i} . \qquad (5)$$

Результат расчета отклонений показан в таблице 4.

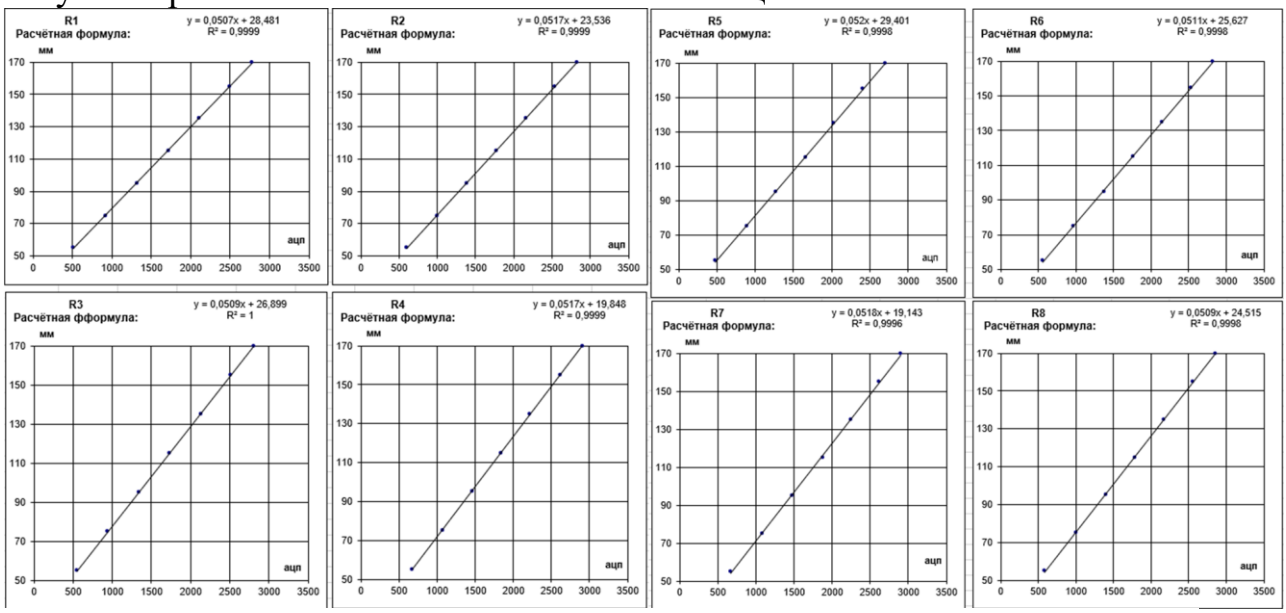


Рисунок 2 – Графики зависимости рычагов R1..R4 в единицах АЦП от радиуса с уравнением модели и величиной достоверности аппроксимации

Таблица 4 – Результаты расчета отклонений каждого рычага модели

Задано, мм	Абсолютная погрешность, мм							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
55	-0,6	-0,5	-0,3	-0,1	-1,0	-0,9	-1,2	-0,9
75	0,2	0,2	0,0	0,2	0,5	0,1	0,2	0,4
95	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	0,5	0,6
115	0,5	0,2	0,0	-0,1	0,6	0,6	1,2	0,5
135	0,4	0,1	0,2	-0,8	0,1	0,1	0,6	0,1
155	-0,2	-0,4	-0,2	0,1	-0,5	-0,3	-0,4	-0,3
170	-0,5	-0,1	-0,1	0,4	-0,2	-0,5	-1,0	-0,4

Так как по результатам расчета отклонение каждого рычага не превышает 1,2 мм, то показания считаются приемлемыми.

В примере расчеты проводились в программе MicrosoftExcel, однако существует огромное количество математических пакетов, позволяющих это и

много больше, такие как Mathcad, Scilab, SMathStudio и многие другие, платные и бесплатные, с некоторыми из которых учат обращаться студентов.

Студенты магистратуры и старших курсов бакалавриата многих направлений Аэрокосмического института ОГУ способны самостоятельно написать необходимые узкоспециализированные программы для построения моделей измерителей в том числе и рычажных, с возможностями расширения, и модернизировать её на некоторых изучаемых языках программирования, таких как Delphi или C++.

Существует способ повысить точность измерения контрольных радиусов, путем уменьшения влияния человеческого фактора через добавление электродвигателя в ручное калибровочное устройство и отстранение человека от вращения винта.

Список литературы

1. Официальный портал Правительства Оренбургской области. Промышленность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://orenburg-gov.ru/activity/1643/. – 05.01.2023.

2. Сковородников, И. Г. Геофизические исследования скважин: курс лекций / И. Г. Сковородников. – Екатеринбург: УГГГА, 2003. – 294 с.

3. Черноусова, А. М. Применение методов планирования эксперимента при исследовании систем автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] : методические указания для практических занятий и самостоятельной работы студентов / А. М. Черноусова, Л. В. Галина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т», Каф. систем автоматизации пр-ва. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.20 Мб). – Оренбург : ОГУ, 2013. – 62 с.

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ КУЗНЕЧНОПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Гончарь А.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Изучение и разработка средств автоматизации перемещений крупногабаритных заготовок в процессе ковки становятся все более и более актуальными. Обеспечение отечественного заготовительного производства высокопроизводительным мощным оборудованием является важнейшим ресурсом повышения конкурентоспособности всего машиностроительного комплекса России. Работы при машинной свободной ковке до недавнего времени требовали от кузнеца затраты больших физических сил и выносливости, поэтому основной задачей в области кузнечного производства являлась автоматизация работ, связанных с подачей, передвижениями и поворотами слитков и заготовок во время нагрева и обработки их под молотом и прессами[1,2].

Автоматизация процесса подачи, транспортировки и перемещении крупногабаритных заготовок, а также заготовок большой массы в процессе ковки не только повышает общую культуру производства, но и решает проблему нехватки рабочих кадров, позволяет снижать долю работ низкой квалификации и работ с тяжёлыми физическими нагрузками в «горячих» цехах, существенно снижает риск производственного травматизма [3].

При отработке новой технологии автоматизация становится действительно эффективной, когда она основывается на прогрессивных технологических процессах, ею завершается большая предварительная работа. Принципиальная особенность автоматизации состоит в расширении технологических возможностей производства, а не в повторении старых технологических процессов.

Обязательным условием, предшествующим автоматизации, должен быть пересмотр и переработка существующих технологических процессов, устранение неоправданной многооперационности, ибо чем сложнее и длиннее технологический маршрут изготовления детали, тем сложнее такой процесс автоматизировать[4].

Технологический процесс перемещения горячей заготовки для ковки или штамповки на машиностроительном предприятии включает использование различных видов оборудования (рисунок 1).

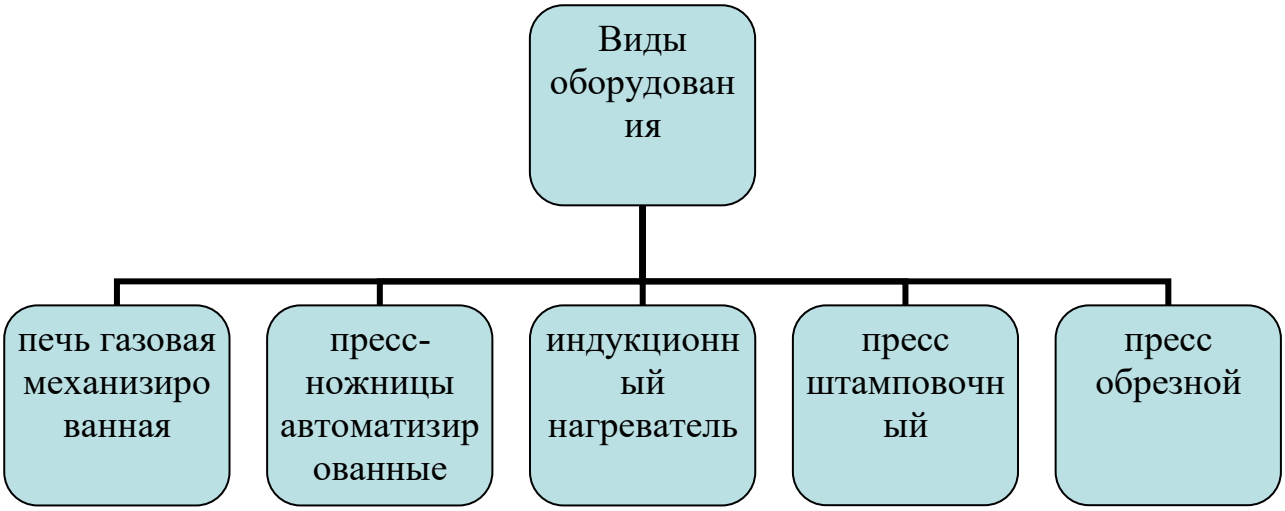


Рисунок 1 - Оборудование, используемое в процессе ковки

Готовые поковки помещают в отдельную тару, а облои с выдрой также перемещают в свою отдельную тару.

На рисунке 2представлена схема, которая показывает, какие этапы можно автоматизировать в представленном технологическом процессе [3].

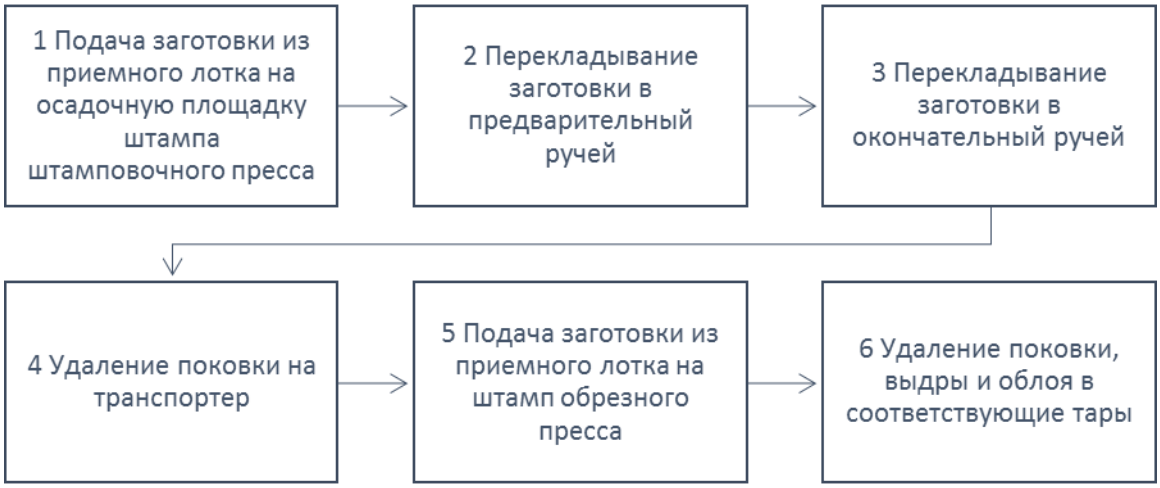


Рисунок 2 - Схема этапов технологического процесса транспортировки и подачи заготовки при ковке или штамповке

Тяжелые заготовки изготавливают из крупных поковок. В процессе автоматизации ковки для перемещения этих поковок необходимо предусмотреть использование различных механизмов. В частности, напольный рельсовый манипулятор является более удобным и современным вариантом (рисунок 3).

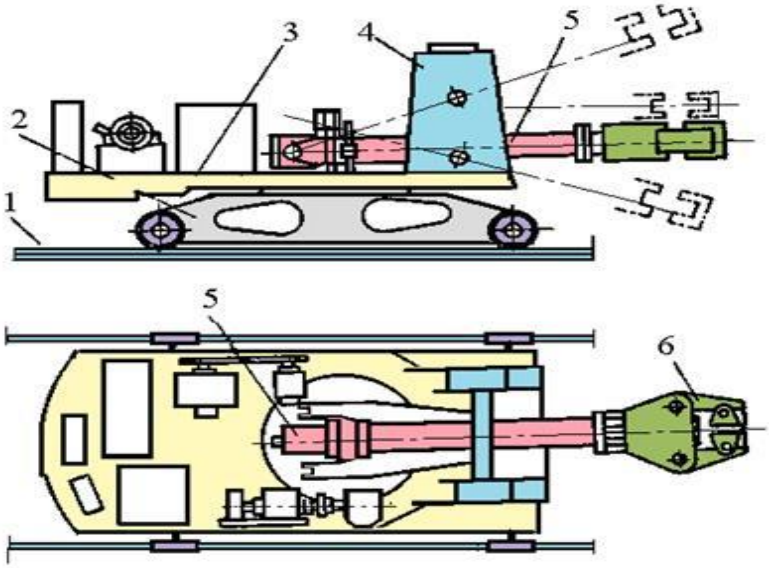


Рисунок 3 – Схема рельсового манипулятора с поворотной тележкой: 1-рельсы; 2-тележка;3-платформа; 4- механизм подвески; 5-хобот; 6-захват

Быстродействие манипулятора превосходит скорость выполнения операций человеком. Поэтому кроме увеличения производительности труда при замене человека манипулятором обеспечивает увеличение эффективности использования оборудования. Применение манипуляторов вместо ручного труда возможно и выгодно.

Схема внедрения манипулятора в технологический процесс ковки показана на рисунке 4 [3].

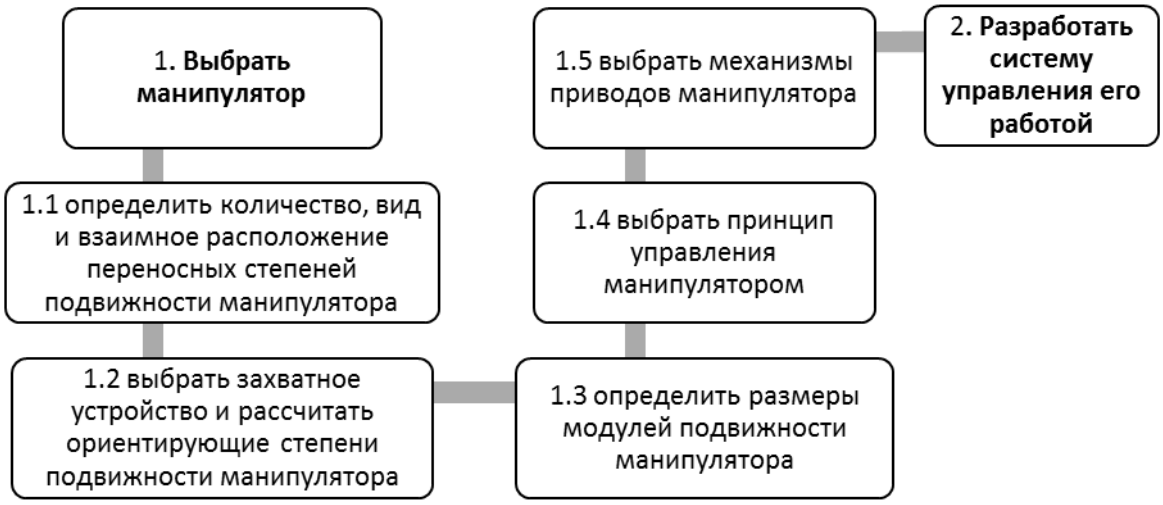


Рисунок 4 – Схема внедрения в технологический процесс ковки манипулятора

Загрузка заготовки в печь и ее извлечение, подача к молоту или прессу, перемещение между бойками и укладывание готовых поковок, все эти процессы осуществляются с помощью манипулятора.

Автоматизация технологического процесса ковки позволит повысить эффективность, как самого процесса, так и машиностроительного предприятия в целом.

Список литературы

1. Баурина, С. Б. Современные технологические тренды развития станкостроения России / С. Б. Баурина, Е. О. Савченко // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2019. – № 2(104). – С. 81-92.

2. Автоматизация ковочных комплексов на основе технологий компьютерного контроля профиля поковок / А. В. Нестеров, А. К. Мусолин, Н. В. Грибов, М. Н. Мусолин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2020. – № 3. – С. 41-48

3. Байрамов Ф.Д. Автоматизация технологического процесса ковки или горячей штамповки заготовок / Ф.Д.Байрамов., А.А. Фардеев // Известия высших учебных заведений. – Москва, 2012. – С. 59-63.

4. Крук, А. Т. Разработка научно обоснованных технических решений по повышению точности поковок, создание на их основе и промышленное внедрение тяжелых кривошипных горячештамповочных прессов : специальность 05.03.05 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Крук Александр Тимофеевич. – Воронеж, 2006. – 32 с.

РОЛЬ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛЯХ. ПРОИЗВОДСТВО БПЛА В СОБСТВЕННОЙ МАСТЕРСКОЙ

Бельзецкий Н.М.
Университетский колледж ОГУ

Беспилотный летательный аппарат — летательный аппарат без экипажа на борту. БПЛА могут обладать разной степенью автономности — от управляемых дистанционно до полностью автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров. Управление БПЛА может осуществляться эпизодической подачей команд или непрерывно — в последнем случае БПЛА называют дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом (ДПЛА).

Использование и применение дронов в гражданской жизни с каждым годом растет. Во время глобальных режимов ограничения передвижения, использование дронов может стать альтернативой для некоторых служб доставки. Военное применение дронов уже стало настолько обычным, что разработка новых моделей военного назначения напоминает гонку вооружений, но теперь не в разработке ядерного оружия, а в конструировании беспилотных ЛА. Сейчас с помощью дронов проводится разведка, оценка загрязненности и радиоактивности воздуха, наносятся ракетные удары, производится охрана объектов, осуществляется доставка, активно думают об использовании дронов для доставки на место происшествия медицинских приборов и медикаментов, огнетушителей для тушения и даже доставку боеприпасов.

Использовать беспилотный летательный аппарат, если подумать, гораздо выгодней, чем подымать в воздух многотонную машину. БПЛА запускается с площадки от двух квадратных метров, не требует много керосина (а в большинстве случаев топливо вообще не используется), дешевле, безопасней, компактней и т.д. Плюсы беспилотников очевидны, но почему же их до сих пор не используют массового, а предпочитают по старинке «крупную» авиацию?

Дело в том, что, несмотря на многочисленные преимущества БПЛА, в них есть недостатки, мешающие ввести их в массовое использование, например:

1) детали для БПЛА получить трудно из-за малого количества предприятий, занимающихся их изготовлением;
2) недоверие к современному оборудованию;
3) ошибки в сборке и пилотировании, приводящие к крушению БПЛА;
4) недостаток специалистов.

В России специалистов, занимающихся сборкой и облётами БПЛА действительно мало, но они есть, и большинство из занимающихся их изготовлением делают всё в домашних условиях «на коленке». Многие самоучки сидят в гараже и изобретают летательные аппараты, к сожалению

финансовой помощи, которое государство могло бы выделять в своих же интересах, они не получают, делая всё за свой счёт. Среди таких умельцев нахожусь я.

Производством беспилотных летательных аппаратов я занялся, как только накопил средства для покупки оборудования. Но начиналось всё с чертежей. На рисунке 1 изображена модель БПЛА в программе «Компас-3D»

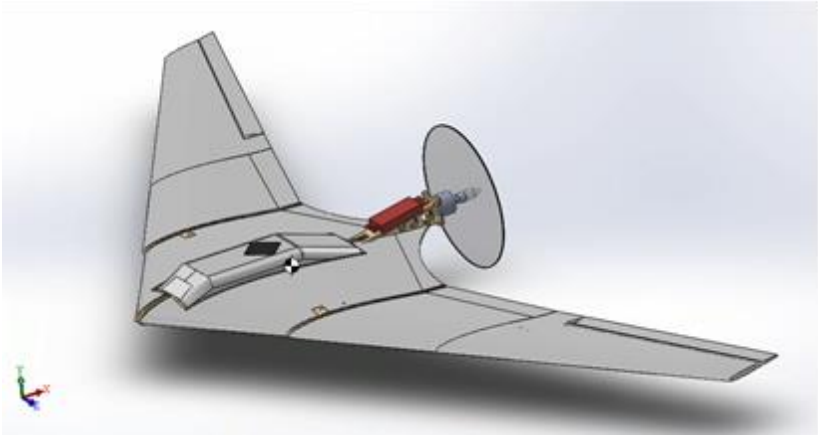


Рисунок 1 - Модель БПЛА в программе «Компас-3D»

Производство летательных аппаратов, требует тщательной подготовки, расчётов и т.д. Для моих БПЛА в качестве основного материала применяются листы пенополистирола, он лёгкий и при правильном применении выдерживает сильные динамические нагрузки как во время полёта, так и при жёстких посадках. В качестве движителя использую бесколлекторные моторы в сочетании с регулятором оборотов для правильной подачи тока на обмотки. Все мои модели работают на электричестве, без использования жидкого или твёрдого топлива, а в качестве питания использую литий-полимерные аккумуляторы, они обладают высокой отдачей тока, что даёт двигателю высокие обороты. Чтобы управлять беспилотником на расстоянии, используется радиоаппаратура счастотой 2,4 Hz. Приёмник сигнала устанавливается на борт самолёта, и управление ведётся с земли визуально. Приёмник в свою очередь передает сигналы на регулятор оборотов для двигателя и на сервоприводы, которые управляют рулевыми поверхностями на ЛА.

Популярным видом беспилотников являются летающие крылья. У них идеальная аэродинамическая форма, ведь кроме крыла в конструкцию больше ничего не входит (разве что электроника и навесное оборудование). Я решил сделать летающее крыло своими руками. Опыт имеется, всё необходимое тоже есть, а что именно нужно, перечислено в таблице 1.

Таблица 1 –Комплектующие для летающего крыла и их стоимость

Комплектующее	Количество	Стоимость
Подложка под ламинат	3 листа	126,00 ₽
Штапик оконный	1 метр	34,00 ₽
Фанера для выжигания	2 листа	46,00 ₽
Скотч синий	0.5 рулона	36,00 ₽
Скотч белый	1 рулон	71,00 ₽
Мотор 2212 1400 Об/вольт	1 штука	890,00 ₽
Регулятор 40А	1 штука	715,00 ₽
Сервопривод	3 штуки	570,00 ₽
Fly sky i6 (передатчик-приёмник)	1 комплект	3 990,00 ₽
Экшн камера	1 штука	1 490,00 ₽
Пропеллеры	10 штук	370,00 ₽
	Итог:	8 338,00 ₽

Дополнительно понадобится разная мелочёвка, но их в общую таблицу вносить не будем. На рисунке 2 показана центральная часть самолёта, на рисунке 3 – итоговая сборка.

Рисунок 2 - Центроплан будущего летающего крыла

Рисунок 3 - Итоговая сборка

Итак, БПЛА готов. Для их изготовления нужно знать основные понятия об аэродинамике и самолётостроении, а так же небольшое количество материальных средств.

Беспилотники в современной жизни постепенно занимают чёткую позицию, и этой отрасли необходимо развиваться. И для того, чтобы она развивалась, нужно привлекать молодое поколение и делать их специалистами. В России есть проблемы с обучением специалистов в самолётостроении. Во-первых – это недостаток практики. Для того, чтобы человек понял принцип работы того или иного агрегата и узла, ему необходимо зрительно и тактильно это видеть. Во-вторых - плохая подача информации. Если преподаватель интересно преподносит информацию, то и обучающимся это интересно слушать, следовательно, и материал усваивается легче. В третьих - это недостаток учебных заведений для обучения специалистов в области БПЛА.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА КАЛОРИЙ ПРИ ЗАНЯТИЯХ СПОРТОМ

Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Биштаков М.Д.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время системы автоматизированного расчета калорий при занятиях спортом получили широкое применение и распространение. Каждая система создается для своих уникальных конкретных целей, области применения, эксплуатационных факторов и прочих причин. Множество систем в свою очередь приносят конкуренцию на рынок спроса, поэтому в каждую систему пытаются включить большое количество функций для удовлетворения потребностей потребителя. Результатом таких модернизаций является минимизация человеческого фактора в работе системы. [1]

Целью исследования является совершенствование алгоритма работы современной системы расчета калорий при занятиях спортом. Любая система расчета калорий при занятиях спортом работает по своему собственному оригинальному алгоритму, который закладывается еще на этапе проектирования системы в зависимости от технического задания, в котором прописывается заказчиком, что это система должна уметь делать, чем обладать для обеспечения потребностей потребителя и соответствующего функционирования, а также на каком языке программирования система должна быть реализована. Для совершенствования алгоритма системы разработаны подсистемы для работы с базами данных.

Подсистема контроля и учета данных представляет собой сложный механизм в основе которого лежит база данных, которая обновляется пользователем ежедневно. Такой подход к наполнению базы данных повысит эффективность системы при ее использовании. Данные хранятся в упорядоченном виде – система «Календарь», что обеспечит пользователю сравнивать показатели за разный промежуток времени. Наиболее оптимальная база данных для такого процесса идеально подходит SQL.

Аббревиатура «SQL» расшифровывается как «язык структурированных запросов». Это своеобразный язык программирования, предназначенный для того, чтобы извлекать конкретную информацию из баз данных (database) было несложно. Другими словами, это язык баз данных. Большинство компаний хранят свои сведения в базах данных. Говоря «компании», мы имеем в виду и бизнес, и разработку, и науку, и развлечения. Все они используют хотя бы одну из СУБД (например, MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server) и большинство их них «говорят» на SQL.

Независимо от того, какой язык программирования используют для реализации процессов в компании (Python, C, C++), SQL все равно нужен для того, чтобы извлекать необходимую информацию из СУБД.

Основные преимущества SQL:

- точность - можно не хранить избыточные данные;
- гибкость - даже самые сложные запросы легко выполнить;
- масштабируемость – с одной БД могут работать множество пользователей;
- безопасность - доступ к данным в таблицах есть только у определенных пользователей.

Реляционная база данных - это пространство, в котором связанную информацию хранят в нескольких таблицах. При этом есть возможность запрашивать информацию в нескольких таблицах одновременно. А теперь о том же самом, но простым языком. Допустим бизнесмен желает видеть информацию о продажах своего товара. Для этого можно настроить электронную таблицу в «Excel» со всей информацией, которую надо отслеживать, в виде отдельных столбцов:

- номер заказа;
- дата;
- сумма к оплате;
- номер накладной;
- имя клиента, адрес и телефон.

Эта сработает, когда пользователь воспользуется данной системой один раз. А когда их несколько или десятки, сотни? Если продолжать вносить сведения в таблицу Excel, обнаружится, что одинаковая информация (имя, рост и вес) хранятся в нескольких строках электронной таблицы. Так появляются избыточные данные. По мере роста бизнеса и увеличения количества отслеживаемых заказов эти избыточные данные будут занимать место, снизят эффективность этой примитивной системы отслеживания продаж. Также можно столкнуться с проблемами с целостностью данных. Например, нет гарантии, что каждое поле будут заполнять правильным типом информации или что имя и адрес будут вводить каждый раз одинаково. [2]

С реляционной SQL таких проблем не будет. Можно настроить две таблицы: одну — для данных, вторую — для пользователей. Таблица «Пользователи» будет включать уникальный идентификационный номер для каждого, а также имя, адрес и номер телефона, которые уже отслеживают. Таблица «Данные» будет включать номер заказа, дату, сумму к оплате, номер накладной. А вместо отдельного поля для каждого элемента данных о заказчике будет столбец для «идентификатора клиента».[3]

Это позволит получить всю информацию о клиенте на всем протяжении пользования системой, но благодаря SQL нужно сохранить ее только один раз, а не выводить повторно для каждого отдельного фиксирования результата

пользователя. Для полноценной работы автоматизированной системы разработаны две подсистемы, отвечающие за запись данных и действия с ними.

Первая подсистема – это ввод данных и хранение. Главная задача автоматизированной системы расчета калорий – это мониторинг процесса. Не всегда желаемое становится действительным, таким образом происходит «откат» в похудении. Для последующего сравнения результатов необходимо сохранять показатели, приписывая значениям дату ввода. Алгоритм подсистемы ввода данных представлен на рисунке 1.

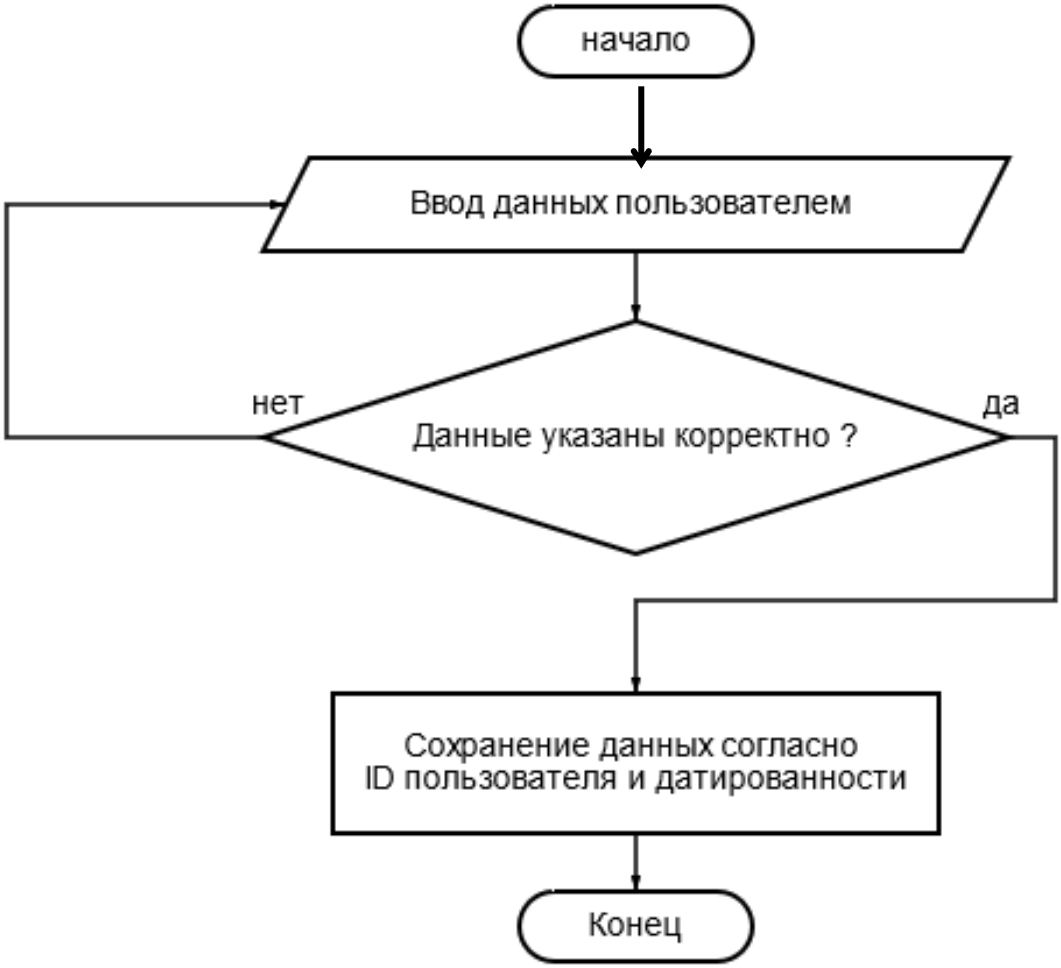


Рисунок 1 - Алгоритм подсистемы ввода данных

Вторая подсистема - выборка результатов. Сравнение результатов является важным элементом в работе автоматизированной системе расчета калорий при занятиях спортом. Контроль веса — эффективный способ снижения сердечно-сосудистого риска у людей, страдающих ожирением и избыточным весом, а также для тех, кто поддерживает тело в тонусе. Алгоритм работы подсистемы выбора данных за указанный период представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 - Алгоритм работы подсистемы выбора данных за указанный период

Слаженная работа подсистем дает гарантию на спрос автоматизированной системы среди пользователей. Удобство пользование системой задает уровень рентабельности системы на рынке предложений.

Список литературы

1. Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы / Д.П. Ким. - М.: Физматлит, 2010. - 312 с. ISBN: 922-1-9987-7871-3.

2. Малафеев, С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления: Учебник для студентов высших учебных заведений / С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. – М.: ИЦ Академия, 2010. – 384 с. ISBN: 912-5-8714-1471-0.

3. Суэмацу, Е. Микрокомпьютерные системы управления. Первое знакомство / Е. Суэмацу. – М.: Додэка XXI, 2008. – 256 с. ISBN: 918-6-9914-1577-0.

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАССЛОЕНИЕ ТОПЛИВА В БАКЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

В процессе эксплуатации летательных аппаратов на жидкостном ракетном двигателе выявляются как преимущества, так и недостатки. Помимо выбора различных схем реализации энергии топлива, параллельно решаются и внутренние проблемы работы основных частей двигателя. В связи с выбором основных агрегатов функционирования топливной системы уделяется особенное внимание выбору форм баков. Это связанно в первую очередь с особенностями каждой формы бака [1]. Все формы топливного бака обладают специфичными характеристиками, влияющими на работу всей топливной системы в целом. Однако, независимо от выбора формы топливного бака при хранение летательного аппарата или его полете на выбранном участке траектории в боковых стенках происходит термическое расслоение топлива [2].

Термическое расслоение топлива – это процесс образования у поверхности стенок топливного бака кольцевого пограничного слоя топлива, возникающего по причине различия в температурных показателях пограничного слоя и центра масс жидкости и зеркального движения с течением времени [4]. В реальных условиях использования летательного аппарата параллельно с термическим расслоением топлива происходит непосредственный прогрев топлива от наддува бака. При проектировании бака жидкостного ракетного двигателя необходимо проводить расчет термического расслоения, в результате которого определится амплитуда температуры топлива в зависимости от высоты рассматриваемой расслоенной области (рисунок 1).

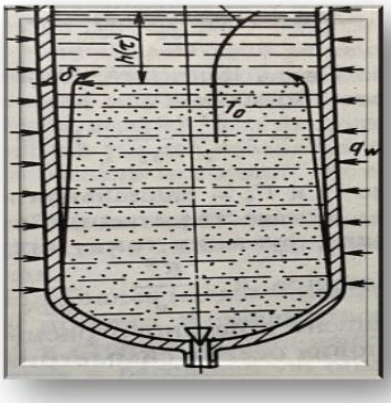


Рисунок 1 – Схема термического расслоения топлива

Одним из очевидных недостатков термического расслоения можно выделить повышение давления паров внутри бака. По мере развития процесса термического расслоения топлива происходит рост температуры, соответственно и давления паров внутри бака [3]. В результате чего при проектировании топливного бака необходимо учитывать данное явление, и единственным возможным решением является утолщение стенок бака. Это в свою очередь отражается на массе агрегата и летательного аппарата в целом [5].

Имеется еще один путь решения данной проблемы, это установка предохранительного клапана. При достижении предельного давления в газовой подушке, клапан открывается на заданный параметр, снижая давления на стенки баков. Таким образом, в результате работы клапана будет происходить потеря компонентов топлива. Что снова недопустимо при проектировании летательного аппарата.

Наряду с вышеуказанной проблемой существует еще одна. Рост показателей термического расслоения может привести к кавитационному режиму работы турбонасосного агрегата. Кавитационный режим работы – это режим работы турбонасосного агрегата, в результате которого образуются пузырьки в топливной смеси, эти пузырьки в свою очередь могут высвобождать внутреннею энергию, которая сопровождается некими ударами в среде (рисунок 2). Данное явление опасно для данного агрегата. Такой режим работы может привести к возникновению микротрещин в турбонасосном агрегате. При дальнейшей эксплуатации данного агрегата в таком режиме приведет к последующему разрушению как лопаток, так и корпуса в целом. Сопутствующим процессом для данного явления является гидродинамическая устойчивость, которая влияет на всю топливную магистраль в целом. Все процессы, происходящие из-за гидродинамической неустойчивости, отразятся на работе двигателя в целом. Так же уменьшается срок работы летательного аппарата и снижается его надежность в бесперебойном пользовании. Данные тенденции невозможно при проектировании летательного аппарата.

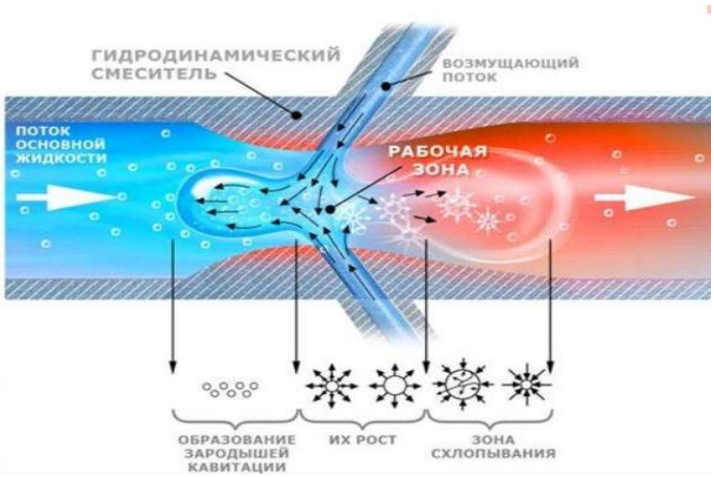


Рисунок 2 – Кавитационный режим работы

Для решения проблем, связанных с термическим расслоением, необходимо проводить соответствующие расчеты. В этих расчетах в первую очередь необходимо знать высоту расслоенной области, максимальную температуру жидкости на поверхности. Знание параметра температуры на поверхности раздела топлива позволяет внести коррективы в проектировании турбонасосного агрегата, способного предотвратить возникновение кавитационного режима подачи топлива. Но данное решение увеличивает массу топливного агрегата и снижает обороты его вращения. Все виды решения проблемы термического расслоения с помощью активных способов перемешивания имеют общий недостаток – это наличие дополнительных вспомогательных систем, влияющих как на массу летательного аппарата, так и на сложность системы питания для этих агрегатов, что повышает риск неисправной работы систем.

Одним из способов, способным нивелировать термическое расслоение, является применение дополнительного бака внутри основного с разветвленными поперечными кольцевыми перегородками. Благодаря установки такой системы образуется зазор между баками. Все тепло от стенок основного бака будет идти на нагрев топлива в этой области. При испарении топлива будет происходить процесс самонаддува, что позволяет упростить систему топливного трубопровода. Из-за такого распределения прогретых областей не будет происходить расслоения. Для решения проблемы с регулировкой давления в баке, необходимо установить клапан, заданный на определенные параметры давления, от него вывести трубопровод в нижнюю часть бака, по его пути установить конденсатор, для того, чтобы пары подавались в виде топлива снова в бак. Также необходимо установить во внутреннем баке разветвленные перегородки. Эти перегородки будут способствовать отклонению пограничного слоя против направления топлива и, таким образом, топливо будет перемешиваться с холодным центральным потоком. В итоге, уравниваются показатели температурного баланса (рисунок 3).

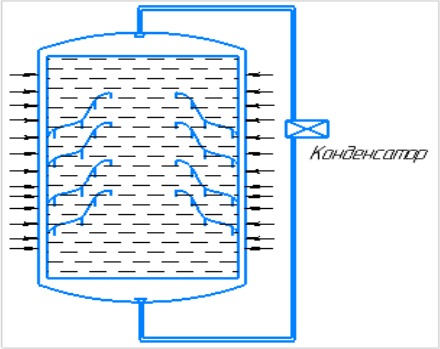


Рисунок 3 – Перемешивающие топливо устройства

Проблема термического расслоения в топливных баках летательного аппарата всегда была актуальны. Пути решения данной проблемы должны быть предусмотрены еще на этапе проектирования летательного аппарата. Способ решения проблемы следует выбирать, опираясь на назначение летательного аппарата. Последний способ является наиболее универсальным, по причине того, что он направлен на решение проблемы термического расслоения при меньшей массе и меньшем количестве взаимодействующих сложных элементов.

Список литературы

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

2. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении [Текст] : учебное пособие / В. И. Круглов [и др.]. - Москва : Логос, 2011. - 432 с. : ил. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр.: с. 430-431. - ISBN 978-5-98704-571-8.

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.

МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУТЁМ НАНЕСЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

Бурдук Д. Е.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Концепция улучшения аэродинамических свойств несущих поверхностей летательных аппаратов является основной тенденцией развития авиационной и ракетной техники в нынешнее время. Аэродинамическое качество поверхностей летательного аппарата влияет на его скорость, маневренность, эффективность, а также дальность полёта. Описанные характеристики критически важны в той или иной мере для выполнения самых разнообразных задач и именно поэтому следует уделить особое внимание изучению данного вопроса.

Весьма и весьма сложно создание идеальной несущей поверхности: требуется высокоточное и дорогостоящее оборудование на её изготовление, опыт конструктора при проектировании аэродинамической формы, профессионализм и огромное усердие рабочего, – все эти нюансы в той или иной мере не дают процессу создания быть идеальным на всём его протяжении. В следствие человеческого и машинного факторов возможны мелкие недочеты на каком-либо этапе производства и, по итогу изготовления изделия, в конечном результате всё будет не так, как задумывалось.

Во избежание таких ошибок на несущие поверхности летательных аппаратов необходимо наносить покрытие, которое сможет «разгладить» недочеты, а также повысить эффективность отдельно взятого элемента без физического изменения конструкции.

К таким покрытиям можно отнести изобретение российского учёного Крюкова Антона Юрьевича и его патент RU 111508 U1 «АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ». Заявляемое устройство относится к области машиностроения, а именно к устройствам, повышающим аэродинамическую эффективность транспортных средств [1]. Исходя из заявленной разработки автора, концепция данного покрытия заключается в понижении сопротивления воздуха в выемках полимерного покрытия, представленного на рисунке 1.

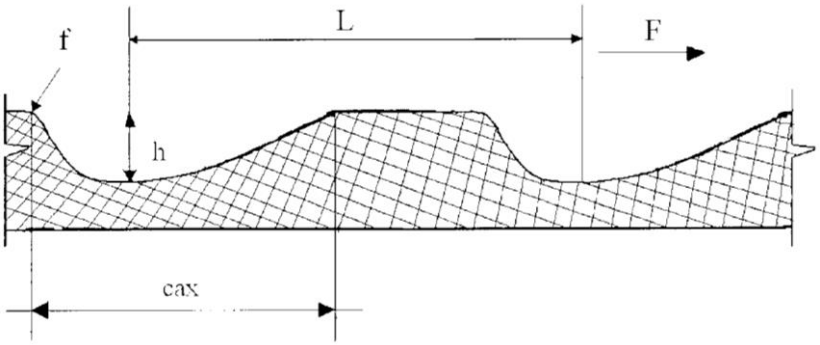


Рисунок 1 – Выемки в полимерном покрытии

Покрытие позволяет улучшить аэродинамическую эффективность транспортного средства без изменения формы кузова, что и является новшеством в машиностроении. Такое покрытие, при улучшении его теплозащитных характеристик, можно использовать в авиа- и ракетостроении.

Также, на форуме «Europe's Premier Wind Energy Event», EWEA 2014, Барселона, Испания, была представлена схожая модель аэродинамического покрытия, позволяющая увеличить скольжение в воздушной среде профиля крыла DU-W-300[2]. Чтобы выяснить возможные преимущества применения энергии ветра, были проведены аэродинамические эксперименты. Модель профиля DU-W-300 была испытана в аэродинамической трубе. Измерения проводились при скорости ветра 50 м/с и 75 м/с и для различных углов атаки. Измерения проводились в два этапа: сначала с использованием модели без покрытия, а затем с использованием той же модели с риблетным покрытием, которое изображено на рисунке 2. В результате экспериментов было получено улучшение коэффициента скольжения профиля на 30%.

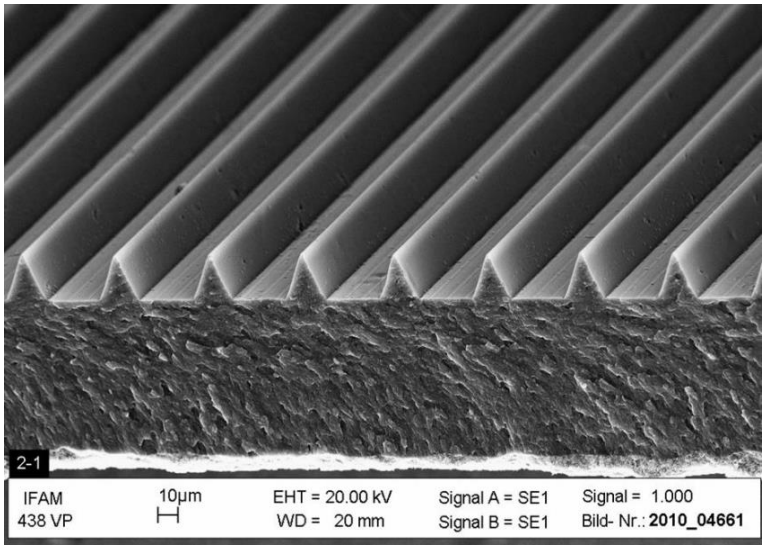


Рисунок 2 – Риблетное покрытие несущей поверхности профиля крыла DU-W-300

По данной работе был выведен график аэродинамических испытаний профиля (рисунок 3). График наглядно показывает отношение коэффициентов подъёмной силы (Cl) от лобового сопротивления (Cd) до использования покрытия и после его нанесения при разных углах атаки.

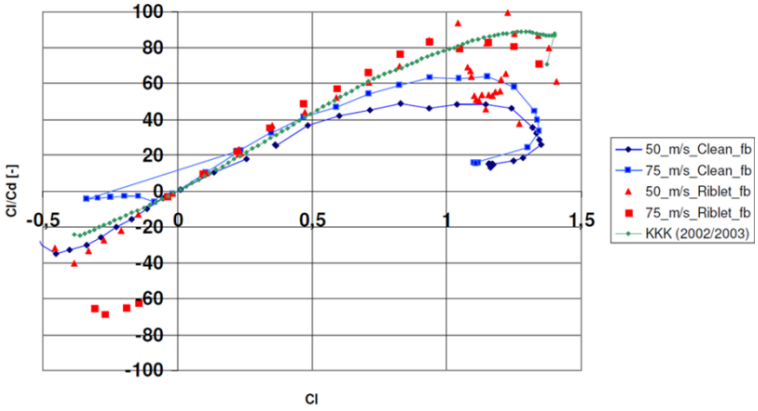


Рисунок 3 – Результаты испытаний ветрового канала с профилем с риблетным покрытием по сравнению с профилем без покрытия

Исходя из всего вышеописанного можно сделать вывод о том, что применение аэродинамических покрытий в сфере авиа- и ракетостроения является приоритетной задачей в контексте улучшения аэродинамической эффективности летательных аппаратов. При должном подходе к совершенствованию данной идеи можно получить универсальное покрытие, способное без серьезных изменений в конструкцию увеличить аэродинамические качества любой несущей поверхности.

Список литературы

1. Патент № RU 111508 U1 Российская федерация, МПК B62D 37/00. АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ : № 2011133584/11 : заявл. 10.08.2011 : опубл. 20.12.2011 / Крюков А.Ю. – 13 с.

2. ResearchGate : сайт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/339253456_IMPROVEMENT_OF_AERODYNAMIC_EFFICIENCY_BY_FUNCTIONAL_COATING (дата обращения: 10.01.2023)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Востриков Д.В., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение. Защита окружающей среды – одна из наиболее актуальных проблем настоящего времени. Усиление выбросов в окружающую среду, пожары на предприятиях приводят к загрязнению окружающей среды, следовательно, к ухудшению здоровья и жизни людей.

Перед газоперерабатывающей промышленностью стоит важная задача проведения регулярных экологических проверок, чтобы соответствовать растущим требованиям к эффективности систем экологического контроля. В настоящее время экологический контроль является очень важным в области охраны окружающей среды. Главная цель экологического контроля состоит в защите окружающей среды и людей от вредных загрязняющих веществ, а также обеспечение безопасной обработки, переработки и транспортировки газа [1].

Цель статьи – обзор и анализ вопросов проведения и всестороннего обеспечения экологического контроля на предприятиях газоперерабатывающей отрасли.

Меры экологического контроля. Экологический контроль направлен на проведение экспертизы и проверку документации по бизнес-требованиям, экологическим стандартам и экологическому менеджменту. На основе этих данных компании могут получить профессиональную помощь в совершенствовании своей экологической практики, предотвращении нарушений и соблюдении законодательства с целью минимизации вреда для окружающей среды.

Производственный экологический контроль (ПЭК) является важной частью системы инженерно-экологического обеспечения промышленного производства. Он включает в себя комплекс мер по контролю природных условий и информированию населения о состоянии и факторах, влияющих на окружающую среду. ПЭК проверяет соблюдение природоохранного законодательства природопользователями и принимает меры к нарушителям.

Для проведения ПЭК информация собирается путем измерений и контроля, обрабатывается и объединяется с показаниями мониторинга. Затем должностные лица на основе этих выводов делают оценки и принимают управленческие решения.

Методы экологического контроля. При исследовании источников загрязнения определяется вклад каждого объекта в загрязнение воздуха, воды или земли и сверяется с установленными нормативами предельно допустимого

воздействия на природную среду. В случае аварии или чрезвычайной ситуации проводится мониторинг, позволяющий оценить ущерб, нанесенный окружающей среде, и сделать прогноз о возможном развитии и последствиях ситуации.

Для решения экологических проблем в газоперерабатывающей отрасли могут применяться различные методы, включая, например, правильное обращение с отходами, охрану атмосферного воздуха, а также использование автоматизированных систем управления состоянием объектов отрасли, позволяющих принимать качественные и обоснованные решения при различных сценариях развития ситуации [2].

Правильное обращение с отходами имеет решающее значение для защиты природной среды от загрязнения. Сюда могут входить методы безопасной утилизации опасных материалов, переработки и повторного использования материалов, а также преобразования отходов в энергию.

Промышленная деятельность также может оказывать негативное воздействие на качество воздуха. Охрана атмосферного воздуха является важнейшим и многогранным аспектом производственной деятельности предприятий газоперерабатывающей отрасли. Основными загрязнителями воздуха являются углеводороды (в первую очередь метан), оксид углерода, оксиды азота и диоксид серы, которые составляют 92,2 % от общего объёма валовых выбросов. На метан (углеводород) приходится 94,3 % этих выбросов, в основном в результате добычи, транспортировки, хранения и переработки газового конденсата и природного газа [3].

Для решения этих проблем могут применяться различные методы снижения загрязнения воздуха, например, контроль выбросов промышленных предприятий и использование более чистых технологий.

Типы мониторинга качества воздуха. Существует два вида контроля качества воздуха: контроль воздуха в жилых помещениях и контроль воздуха в рабочих помещениях. Исследование чистоты воздуха обычно проводится в санитарно-защитных зонах (СЗЗ) предприятий и в жилых зонах. Мониторинг может проводиться как предприятиями, так и территориальными образованиями. Если мониторинг проводится промышленным предприятием, то собранные данные направляются в Центр мониторинга предприятия. В случае превышения норм необходимо принять меры по снижению воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду.

Обработка и хранение информации по экологическому контролю. Данные по экологическому контролю собираются путем проведения измерений и контроля, обрабатываются и изучаются комплексно. Результаты исследования затем распространяются среди пользователей. Для сбора и хранения этой информации создаются пункты экологического контроля. Эти пункты следят за состоянием окружающей среды и оценивают воздействие промышленной деятельности на окружающую среду.

Программные средства для ведения экологического контроля. Географические информационные системы (ГИС) – это компьютерные технологии, которые используются для картографирования и анализа объектов окружающей среды. Эти системы могут быть использованы для изучения влияния природных и антропогенных факторов на окружающую среду, оптимизации использования и охраны земельных, атмосферных и энергетических ресурсов, а также для снижения риска техногенных катастроф. ГИС также может помочь определить местные источники загрязнения и помочь природоохранным организациям в разработке эффективных стратегий управления ресурсами.

ГИС можно использовать для моделирования распространения и воздействия загрязнения от точечных и неточечных источников, включая разливы и другие загрязняющие вещества, на земле, в атмосфере и в гидрологической сети. Результаты этих моделей могут быть наложены на карты природных особенностей, таких как растительность, или жилых районов, что позволяет быстро оценить непосредственные и долгосрочные последствия экстремальных ситуаций.

Экспертиза относится к изучению специализированных тем экспертами, или специалистами, которые обладают глубокими знаниями в определенной области. Экспертные оценки основаны на суждениях этих специалистов и используются для оценки процессов или явлений, которые не поддаются прямому измерению. Экспертные системы (ЭС) – это компьютерная система, построенные на основе знаний и способная без помощи человека решать проблемные ситуации [4].

Экологическая экспертиза – это оценка соответствия хозяйственной деятельности экологическим требованиям и определения возможности осуществления этой деятельности в целях предотвращения возможного негативного воздействия на окружающую среду и связанных с этим социальных, экологических и иных последствий. Государственная и общественная экологическая экспертиза существуют и являются важными превентивными мерами по обеспечению экологической безопасности в различных видах человеческой деятельности.

Аппаратные средства для ведения экологического контроля. Важными инструментами для проведения экологического мониторинга являются газоанализаторы. Эти приборы могут использоваться для измерения концентрации различных газов и паров в смеси газа и воздуха. Существует несколько различных типов газоанализаторов, в том числе:

– индикаторы: датчики, которые могут качественно исследовать смесь газов и указать на присутствие определенного компонента (в высокой или низкой концентрации);

– детекторы утечек – устройства, включающие пробоотборник или зонд, который может быть использован для определения точного места утечки. Эти

устройства не являются измерительными приборами, а скорее используются для определения приблизительной концентрации вещества;

– сигнализаторы – устройства, которые включают элемент сигнализации (например, звуковой сигнал, световой индикатор или переключаемый контакт реле), если концентрация вредного вещества достигает определенного порогового значения во время измерения;

– газоанализаторы – современные устройства, которые могут количественно определять концентрацию исследуемого вещества, часто с индикацией показаний (по объёму или по весу).

Экологический аудит как основа экологического контроля. Экологический аудит – это ключевой инструмент, используемый для общественного экологического контроля. Он позволяет оценить информацию об организациях или иных хозяйствующих субъектах, разработать необходимые корректирующие мероприятия и принять решения на различных уровнях управления природным состоянием и природопользованием.

Системы оперативного экологического мониторинга. Для контроля состояния окружающей среды на газовых месторождениях необходимо рассмотреть действующие системы оперативного экологического мониторинга (ОЭМ). Эти системы опираются на технические, программные, информационные и организационные ресурсы и базируются на следующих принципах [5]:

– контроль компонентов окружающей среды, подвергающихся негативному воздействию со стороны опасных производственных объектов;

– управление состоянием окружающей среды на основе точечных и линейных наземных наблюдений;

– мониторинг текущего состояния компонентов окружающей среды, учет динамики их развития и возможность принятия экологических управленческих решений.

Классификация систем экологического мониторинга:

– пространственное распределение автоматизированных структур экологического мониторинга;

– слежение за объектами;

– система движущих компонентов.

Данная классификация включает геофизический, биологический, геологический, геоботанический, гидрологический мониторинг, а также наблюдения за атмосферой, почвой, лесами и животным миром. Система экологического мониторинга воздуха включает в себя исследования уровня загрязнения воздуха, качества и общего состояния атмосферного воздуха, а также природных явлений, происходящих в нем.

Оборудование для мониторинга окружающей среды. Для эффективного мониторинга и оценки состояния окружающей среды сотрудники должны иметь доступ к специализированным устройствам, которые могут измерять различные физические аспекты и показатели. Эти мобильные устройства

используются для оперативных оценок и исследований, а также могут применяться для мониторинга систем контроля и наблюдения. Некоторые распространенные примеры таких устройств включают:

– индикаторы радиации и поля;

– дозиметры (устройства для измерения доз радиации);

– измерители качества воды.

Организация деятельности экологических служб. Деятельность экологических служб связана с обнаружением и определением загрязнителей объектов окружающей среды (вода, воздух и почва). Для этого и созданы экологические передвижные лаборатории. Передвижные экологические лаборатории являются частью системы мониторинга санитарно-защитной зоны.

В передвижных транспортных средствах установлено специализированное оборудование, соответствующее типу и задачам лаборатории. Основной задачей передвижных лабораторий является возможность выезда специалистов на объект и оперативное выполнение исследования [6].

Такие лаборатории конструируются на базе различных транспортных средств. Внутреннее пространство лаборатории выполняется в зависимости от её назначения.

В зависимости от осуществляемых исследований передвижные экологические лаборатории разделяются на несколько типов:

– лаборатории для контроля атмосферного воздуха;

– лаборатории для анализа воды;

– лаборатории для анализа почв.

Передвижная экологическая лаборатория имеет все необходимые средства измерений для оценки атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны. Такие лаборатории проводят выездные испытания проб воздуха, что позволяет быстро и точно исследовать соответствие воздуха требованиям экологических нормативов Российской Федерации.

Высокая точность результатов испытаний обеспечивается за счёт того, что с передвижной лабораторией отсутствует риск повредить пробы при транспортировке в стационарную лабораторию.

Заключение. Экологический контроль является важнейшим аспектом газоперерабатывающей промышленности, поскольку он помогает защитить окружающую среду и людей от вредных загрязняющих веществ. Собирая и храня информацию об экологическом контроле, компании могут обеспечить соблюдение экологических стандартов и предотвратить нарушения. Моделирование и применение геоинформационных технологий помогают своевременно обнаружить загрязнение среды и принять меры к его устранению. Чтобы эффективно оценивать состояние окружающей среды, сотрудники должны иметь доступ к специализированным устройствам. Это очень важно, поскольку необходимо знать, каков процент загрязнения природы для дальнейшей очистки воздуха.

Список литературы

1. Горюнкова, А.А. Экологические проблемы газовой промышленности / А.А. Горюнкова, Д.В. Галунова [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-ispolzovanie-prirodnyh-resursov-i-ohrana-okruzhayuschey-sredy-kak-osnova-ustoychivogo-prirodopolzovaniya?ysclid=l8ynbanbtu830413538.

2. Кушнаренко, В.М. Построение автоматизированной системы управления состоянием объектов газотранспортной системы с идентификацией риска / В.М. Кушнаренко, Д.Н. Щепинов, Ю.Р. Владов, А.Е. Пятаев, В.А. Трипкош // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. № 3 (109). – С. 143-153.

3. Экологические проблемы газовой промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-gazovoy-promyshlennosti?ysclid.

4. Экспертные системы. Типичные категории применения экспертных систем. Технология использования экспертных систем [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://vuzlit.com/1010125/ekspertnye_sistemy_tipichnye_kategorii_primeneniya_ekspertnyh_sistem_tehnologiya_ispolzovaniya_ekspertnyh#:~:text.

5. Аксютин, О.Е. Экологическая эффективность производства и использования природного газа на основе оценки полного жизненного цикла / О.Е. Аксютин, А.Г. Ишков, К.В. Романов, Н.Б. Пыстина, Г.С. Акопова, Е.В. Косолапова» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-effektivnost-proizvodstva-i-ispolzovaniya-prirodnogo-gaza-na-osnove-otsenki-polnogo-zhiznennogo-tsikla?ysclid=l8yn8jxh2c182087834.

6. Щербакова, Е.Ю. Передвижные лаборатории контроля воды, воздуха и почвы / Е.Ю. Щербакова [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/peredvizhnye-laboratorii-kontrolya-vody-vozduha-i-pochvy.

ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВ РЕЗЬБ С ПОМОЩЬЮ 3D СКАНЕРОВ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, канд. техн. наук, профессор,
Вьюнова И.М.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Контроль качества изделий обеспечивает повышение их конкурентоспособности, продление срока службы изготовляемых деталей. Контролирование показателей качества происходит в процессе тестирования продукции на соответствие установленным требованиям и отклонениям от них. Проверка продукции и обратная связь полученных данных с конструкторской документацией определяют необходимость внесения соответствующих изменений в производственный процесс. Процесс контроля основан на использовании метрологических средств измерений, имеющих стандартизованные характеристики.

В условиях крупносерийного производства возникает проблема непрерывного постоянного контроля геометрических размеров мелких изделий в автоматическом режиме, что является одним из важных элементов системы и стандартов качества, ресурсом увеличения производительности. Обязательные требования измерения геометрических параметров состоят в том, чтобы совместить сокращение времени контроля с высокой степенью его точности.

Наибольшие трудности в контроле вызывают, как правило, поверхности между ребрами и гранями, углублениями, отверстиями, поверхности деталей с внутренними сложными переходами, мелкой резьбой и т.д.

Существенные преимущества при измерении указанных элементов имеет бесконтактный метод работы, позволяющий сканировать поверхности на расстоянии и в труднодоступных местах. В этом случае при сканировании нет нужды в привязке к начальной точке (выбора точки отсчета), что упрощает измерения во всех плоскостях, увеличивает точность всех измерений, выявляет различные геометрические отклонения, а также трещины, коррозии и прочие малоразмерные изъяны.

К бесконтактным методами измерения относится современный метод 3D-сканирования, при котором обеспечивается достаточно быстрое выявление мелкоразмерных дефектов, существенно ускоряется их устранение, корректировка размеров, что ведет к повышению производительности и качества продукции. Использование 3D-сканирования позволяет существенно снизить временные и финансовые затраты. 3D-сканеры справляются как с простыми, так и со сложными участками измерения.

Сканирование производится одной или несколькими лазерными линиями. Излучение, отраженное от объекта, улавливается датчиками. После

проведения анализа информация в режиме on-line или с помощью специальных кабелей передается на компьютер, где программное обеспечение сопоставляет между собой все используемые в системе полученные данные и заданные параметры и показывает отклонения: несоответствия размеров, трещины, следы деформации и прочие дефекты и недочеты (рисунок 1)[1,2].

Рисунок 1 – Преимущества 3D сканеров

Результаты измерений выводятся на экраны в различных видах (2Dформат, 3Dформат), что позволяет при необходимости принять быстрые решения (рисунок 2).

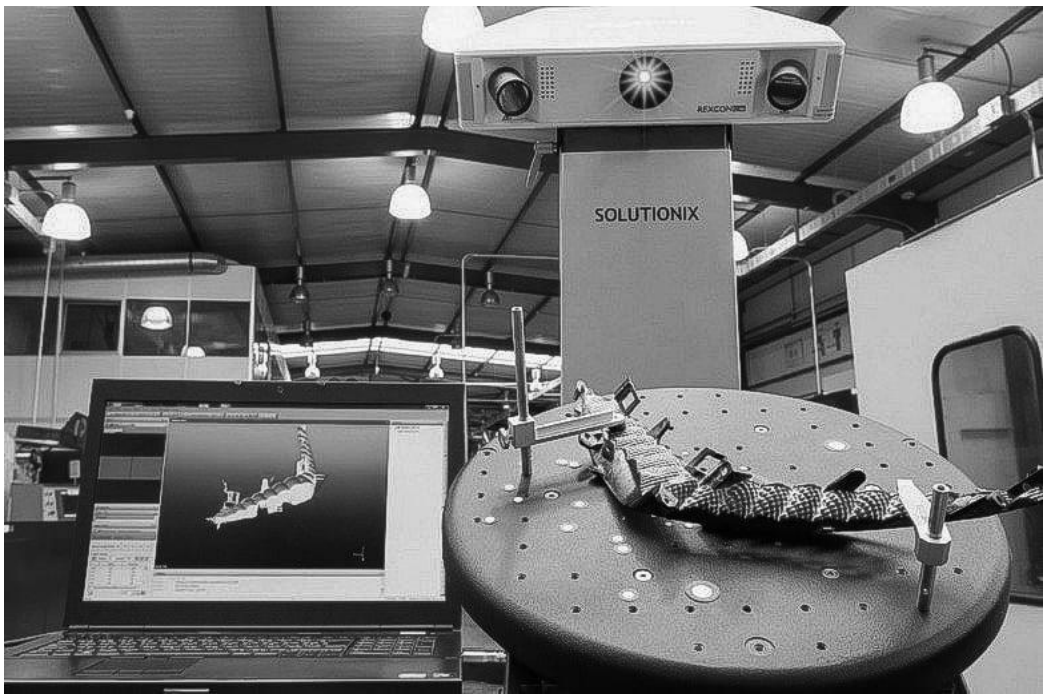


Рисунок2 - 3D сканер Solutionix Rexcan CS2

3D-сканеры воспроизводят трехмерную модель детали с точностью до нескольких микрон (рисунок 3).

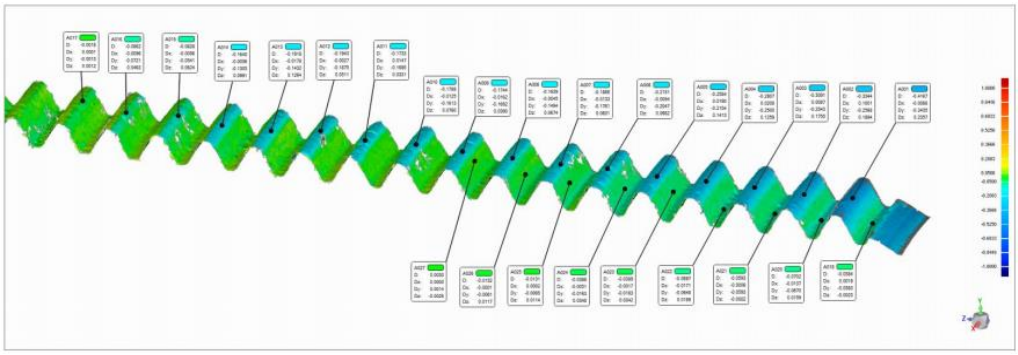


Рисунок 3 – Пример 3Dграфика, выдаваемой системой в технологическом режиме

Для облегчения обнаружения отклонения от заданных параметров, он сразу же выделяются цветом. На рисунке 4 красным цветом изображены места, где выявлено несоответствие реальной детали с загруженным чертежом данной детали.

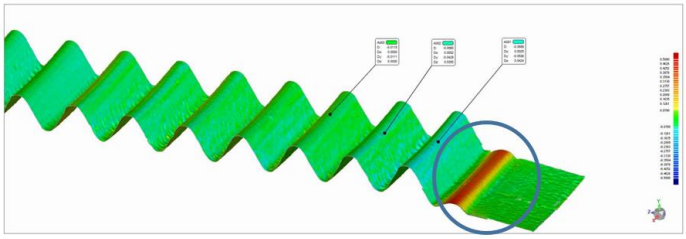


Рисунок 4 – Пример 3Dграфика, выдаваемого системой в технологическом режиме

На рисунках5 и 6желтым цветом изображены места, которые находятся на грани допуска размера или выходит за допуск размера на несколько микрон.

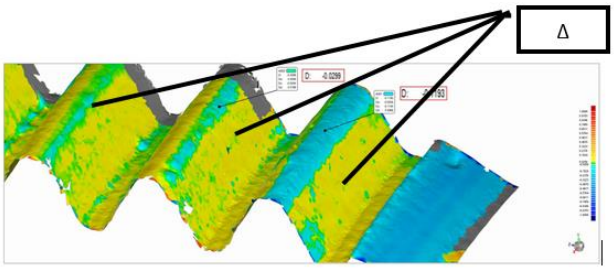


Рисунок 5 – Пример 3Dграфика, выдаваемой системой в технологическом режиме в высоком разрешение

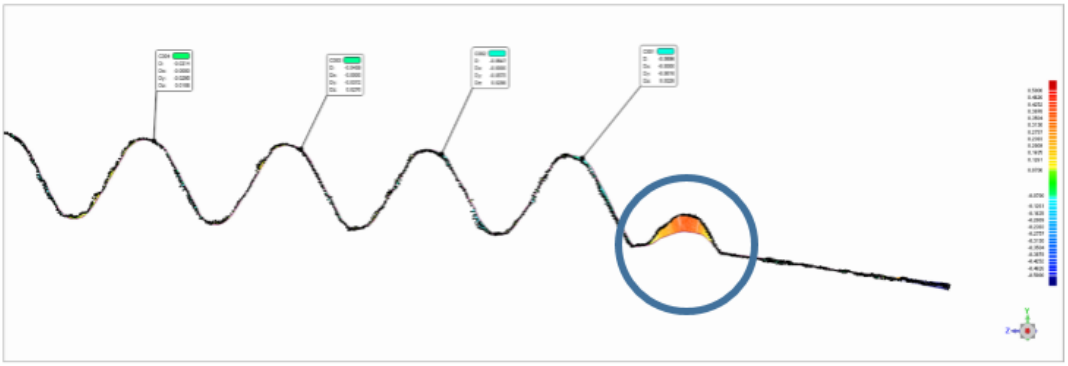


Рисунок 6 – Пример 2Dграфика, выдаваемой системой в технологическом режиме

Принципы и средства 3Dсканирования все шире используются в автоматизированной системе контроля геометрии резьбы, которая обеспечивает автоматический бесконтактный лазерный контроль геометрических характеристик наружной и внутренней резьбы деталей. Функции такой системы представлены на рисунке 7.

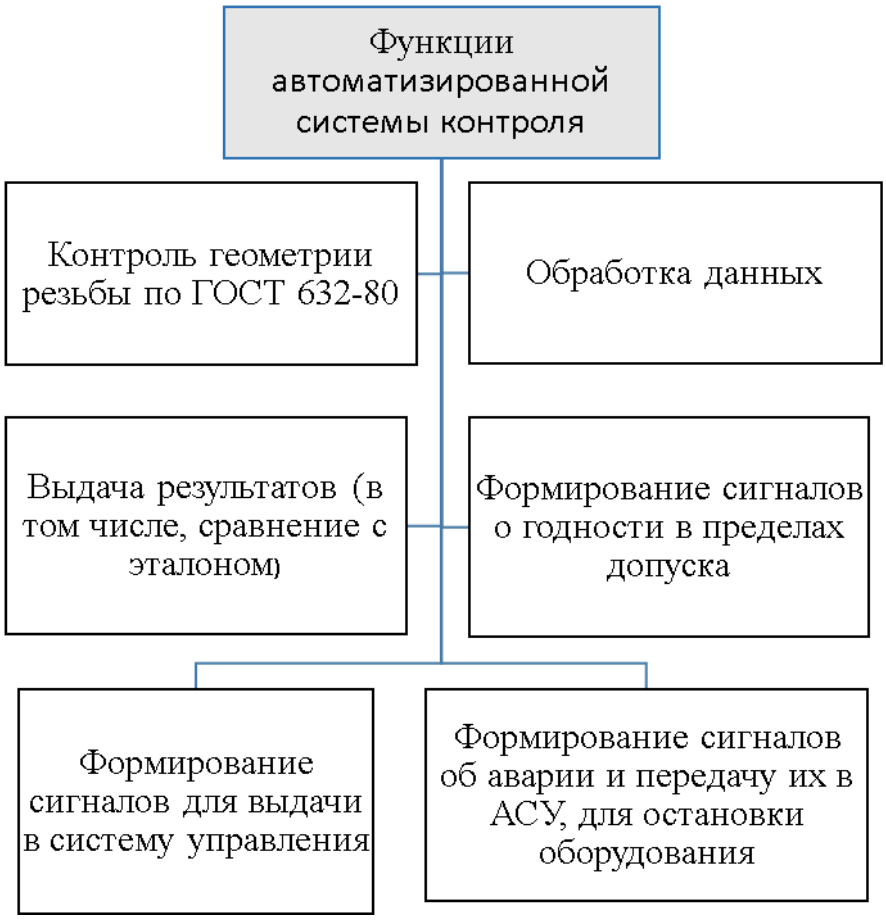


Рисунок 7 – Функции автоматизированной системы контроля

Подбор сканера для метрологического контроля качества выполняетсяс учетом большого количества характеристик. Задачи сканеров и сами сканеры многочисленны и многообразны, что предоставляет широкий спектр выбора необходимого оборудования.

Список литературы

1. Трехмерный лазерный сканер: принцип работы и область применения:[Электронный ресурс]. URL: http://www.top3dshop.ru/metrological-3d-scanners-review.html (Дата обращения: 21.12.2022)

2. Лазерные 3D-сканеры: [Электронный ресурс]. URL: http://www.habr.com (Дата обращения: 21.12.2022).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕКИХ ПАРАМЕТРОВ НАКЛАДОК ДЛЯ РЕМОНТА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК

Гаврилов А.А., канд. техн. наук, Тагирова Г.К.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При восстановлении строительного подъема подкрановых балок используют накладки на нижний пояс. Данные накладки позволяют повысить прочностные и жесткостные характеристики балок, увеличить ресурс. Применение накладки влечет за собой изменение геометрических характеристик сечений подкрепленной балки, а также изменение положений центров тяжести сечений. Это в свою очередь требует разработки методики подбора геометрических параметров накладок для обеспечения необходимого коэффициента запаса прочности [1, 2].

Рассмотрим подкрепленную балку коробчатого сечения (рисунок 1). После подкрепления происходит изменение координаты y центра тяжести сечения на величину ΔH, которое можно определить по формуле (1):

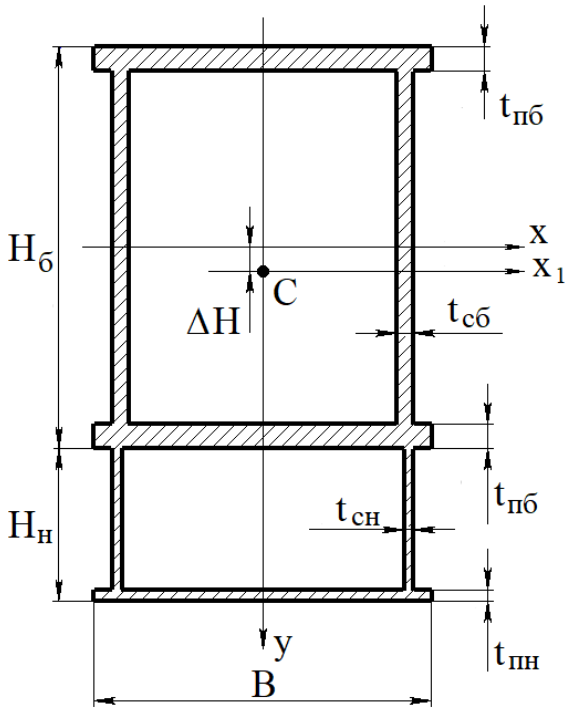


Рисунок 1 – Поперечное сечение подкрепленной подкрановой балки

$$\Delta H = \frac{2t_{сн}(H_н - t_{пн})\left(\frac{H_б}{2} + \frac{H_н - t_{пн}}{2}\right) + B \cdot t_{пн}\left(\frac{H_б}{2} + H_н - \frac{t_{пн}}{2}\right)}{A_б + A_н}, \qquad (1)$$

где $t_{сн}$ – толщина стенки накладки, м;
$H_н$ – высота сечения накладки, м;
$t_{пн}$ – толщина пояса накладки, м;
$H_б$ – высота сечения балки, м;
B – ширина сечения балки, м;
$A_б$ – площадь сечения балки, м^2;
$A_н$ – площадь сечения накладки, м^2.
Площадь поперечного сечения балки:

$$A_б = 2(t_{пб}B + t_{сб}(H_б - 2t_{пб})), \qquad (2)$$

где $t_{сб}$ – толщина стенки балки, м;
$t_{пб}$ – толщина пояса балки, м.
Площадь поперечного сечения накладки:

$$A_н = t_{пн}B + 2t_{сн}(H_н - t_{пн}). \qquad (3)$$

Определим осевой момент инерции подкрепленной балки относительно главной оси:

$$I_{x1} = I_{x1б} + I_{x1н}, (4)$$

где $I_{x1б}$ – осевой момент инерции неподкрепленной балки, м^4;
$I_{x1н}$ – осевой момент инерции накладки, м^4.

$$I_{x1б} = I_{xб} + \Delta H^2 \cdot A_б, \qquad (5)$$

$$I_{xб} = 2\left[\frac{t_{сб} \cdot H_б^3}{12} + t_{пб} \cdot B \cdot \left(\frac{H_б}{2} + t_{пб}\right)^2\right], \qquad (6)$$

$$I_{x1н} = 2\left[\frac{t_{сн}(H_н - t_{пн})^3}{12} + t_{сн} \cdot (H_н - t_{пн}) \cdot \left(\frac{H_б}{2} - \Delta H + \frac{H_н - t_{пн}}{2}\right)^2\right] + \frac{B \cdot t_{пн}^3}{12} + t_{пн} \cdot B \cdot \left(\frac{H_б}{2} - \Delta H + H_н - \frac{t_{пн}}{2}\right)^2. \qquad (7)$$

Момент сопротивления балки до подкрепления:

$$W_x = \frac{2I_{хб}}{H_б}. \qquad (8)$$

Момент сопротивления подкрепленной балки:

$$W_{x1} = \frac{I_{x1}}{H_б/2 + H_н - \Delta H}. \qquad (9)$$

Для обеспечения безопасности сварных конструкций момент сопротивления сечения подкрепленной балки должен быть в 1,4…1,6 раза больше момента сопротивления сечения балки до прикрепления накладки[3]. Исходя из этого, можно подбирать требуемые геометрические параметры накладок для различных подкрановых балок. Так, например, используя описанную выше методику можно по графику на рисунке 2 определить необходимую высоту накладки, выполненной из листа толщиной 8 мм, для коробчатой балки высотой 1300 мм, шириной 500 мм и толщинами стенок и поясов, соответственно, 8 мм и 13 мм.

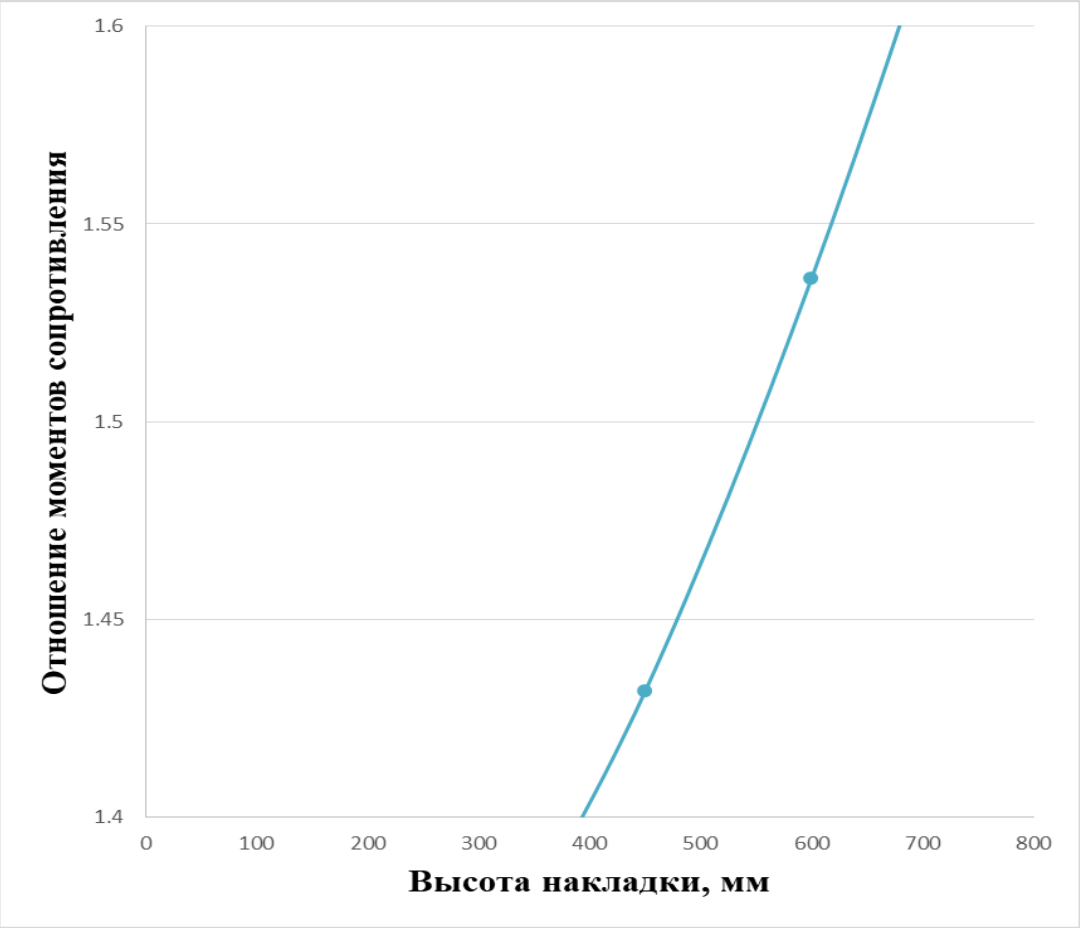


Рисунок 2 – График зависимости высоты накладки от отношения моментов сопротивления

Список литературы

1. Мостовые и металлургические краны [Текст] / К.С. Богинский [др.]. – М.: Машиностроение, 1970. – 300 с.

2. Нежданов, К.К. Решение проблемы обеспечения достаточной выносливости и ресурса интенсивно эксплуатирующихся подкрановых балок [Текст] / К.К. Нежданов, А.А. Лаштанкин, Д.Х. Курткезов // Строительная механика и расчёт сооружений». – 2013. – № 5 – С. 41–47.

3. Справочник по кранам [Текст]: в 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчёта кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брауде [и др.]; под общ. ред. М.М. Гохберга. –М.: Машиностроение, 1988. – 536 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ФАСОВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

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

Обучение в рамках всех направлений, реализуемых в Аэрокосмическом институте Оренбургского государственного университета, позволяет студентам развить навыки научной деятельности. Дисциплины, преподаваемые на кафедрах, такие как «Компьютерная интеграция производства», «Моделирование систем автоматизации», «Проектирование автоматизированных систем» и т.д. развивают компетенции, необходимые для дальнейшей профессиональной деятельности.

На базе Аэрокосмического института созданы все необходимые условия для реализации различных проектов, в рамках научно-исследовательских работ обучающихся. Институт предоставляет удобные рабочие места, компьютерные классы, которые располагают современным оборудованием и набор необходимых программных средств (TraceMode, SimInTech и т.д.). Также имеется возможность для полноценной разработки проектов в рамках выпускных квалификационных работ по различным темам, связанным с непосредственной профессиональной деятельностью будущих выпускников, не зависимо от сферы деятельности предприятий.

Безопасность и безотказность работы предприятий, занимающихся изготовлением пищевых продуктов, должны обеспечиваться в полном объеме. Благодаря введению АСУ ТП достижение полной безопасности предоставляется возможным. Так как именно данная система управления обладает необходимыми функциональными возможностями.

В рыночной экономике основным понятием является спрос на конкретные товары или услуги. Поэтому необходимо проводить его анализ [1].

Анализа спроса имеет следующие направления:

1. Анализ влияния спроса на результаты деятельности предприятия;
2. Анализ потребности в реализуемом новшестве;
3. Определение максимальной возможности сбыта и обоснование плана сбыта, а также производственных возможностей предприятия.

Методом продвижения данной разработки является сотрудничество с компаниями, выпускающими готовую пищевую продукцию, на договорной основе. Предприятия заинтересованы в повышении производительности линий за счет модернизации системы управления.

С целью уменьшения трудоемкости продукции и повышения конкурентоспособности, такой спрос просто необходим.

В частности, на основе всей полученной информации и использования методического обеспечения можно составить схему управления технологическим процессом фасования наливной продукции и при необходимости усовершенствовать ее, используя для этих целей систему SCADA.

Рассмотрим исследование системы управления технологического процесса фасования наливной продукции в системе моделирования SimInTech, а также разработку системы диспетчерского управления в TraceMode.

Объектом управления в проекте является возвратный клапан, который работает по следующему принципу. Когда на него приходит сигнал управления, клапан начинает открываться с определенной скоростью. При условии снятия сигнала управления, он с такой же скоростью возвращается в исходное (закрытое) состояние [2].

Алгоритм управления строится на том, что он может находиться в двух конечных состояниях. Команда приходит от кнопки - Открыть/Закрыть, которая расположена на панели оператора, и дальше передается на исполнительный орган клапана. Кроме этого, в алгоритме управления должно быть предусмотрены сигналы неисправностей, возникающие при невыполнении этих процессов в течении заданного промежутка времени.

Обозначив в качестве отдельного блока модель исполнительного органа (клапана), можно приступить к созданию проекта.

В модели использованы такие блоки как «Сумматор» и «Множитель» (вкладка «Операторы»), блоки «Порт входа» и «Порт выхода» (из состава вкладки «Субструктуры»), блок «Кнопка» (вкладка«Ключи») и блок «Константа» (вкладка «Источники»). Динамику перемещения клапана моделирует блок «Интегратор с ограничениями» (вкладка «Динамические»)[3].

На схеме алгоритма управления использованы такие типовые компоненты и блоки SimInTech, как: «Кнопка» (вкладка «Ключи»), «Оператор И» и «Оператор НЕ»(«Логические»), блок «Задержка по включению» («Задержки и импульсы»), 1 блок«Временной график» («Данные»).

Результаты моделирования системы изображены на рисунке 1. На нем представлены не только сигналы модели исполнительного органа (текущее положение клапана), но и сигналы от самой системы управления, которые отвечают за работу клапана и его неисправность.

Из данного графика видно, как меняются характеристики в течении промежутка времени. Выстраивается зависимость:

0с. - поступила команда на открытие клапана, что вызвало его перемещение и срабатывание системы управления по формированию сигнала - Работа клапана на открытие;

5с. - клапан достиг своей конечной точки. Сработал конечный выключатель, что привело к снятию системой управления сигнала - Работа клапана на открытие;

6с. - снята команда на открытие клапана, что вызвало его перемещение в закрытое состояние и, как следствие, формирование системой управления сигнала - Работа клапана на закрытие;

11с. - клапан закрылся, сработал его конечный выключатель, и система управления сняла сигнал - Работа клапана на закрытие;

14с. – поступила команда на открытие клапана. Клапан начал открываться, но в процессе его открытия был смоделирован отказ в его работе. 1 На это алгоритм управления будет реагировать путем выдачи сигнала неисправности работы клапана [4].

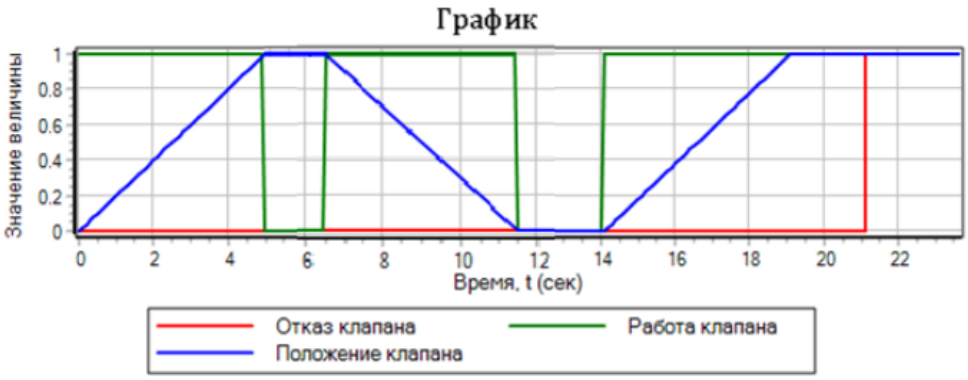


Рисунок 1 - Результаты работы модели системы

Алгоритм управления клапаном показан на рисунках 2-4.

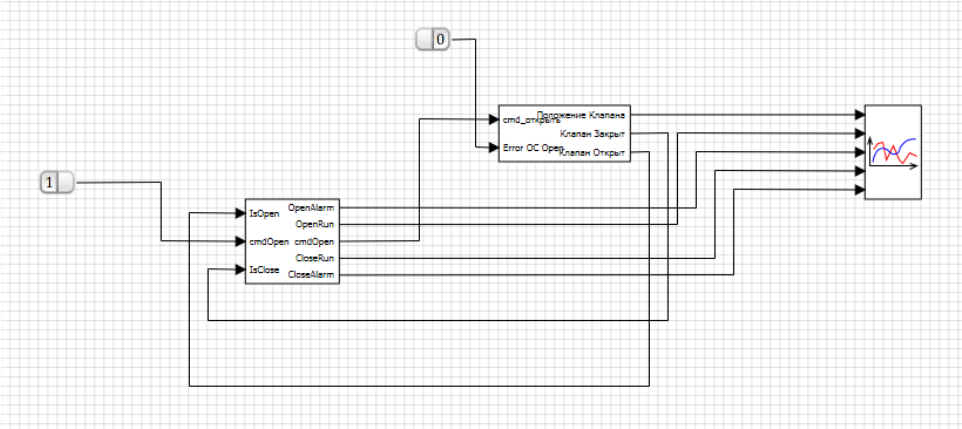


Рисунок 2 - Модель алгоритма управления клапаном

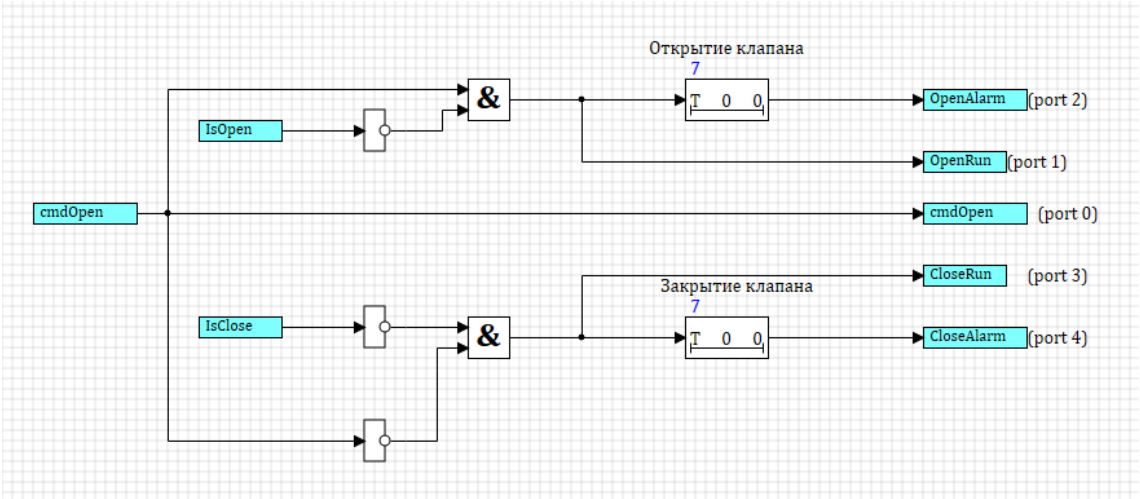


Рисунок 3 - Субмодель алгоритма управления

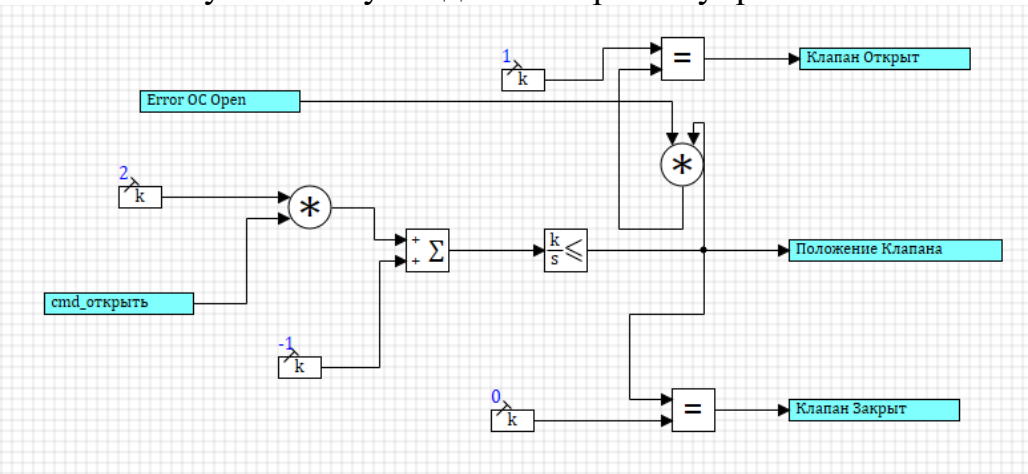


Рисунок 4 - Субмодель состояния клапана

Для контроля параметров производства используется уже другая модель. В качестве технологического параметра выступает вес короба с продукцией.

Если вес короба с продукцией меньше 20 кг, то контроллер обеспечивает включение подачи продукции через клапана на время не более 10 секунд, с выдержкой между включениями 20, а также индикацию своего состояния с помощью включения и выключения лампочки индикации.

Переход из состояния «включен» в состояние «выключен» осуществляется в двух случаях:

1. Заполнение короба происходило в течении 10 секунд;
2. Масса короба с продукцией достигла заданной уставки (20 кг).

Реализация данной модели показана на рисунках 5, 6.

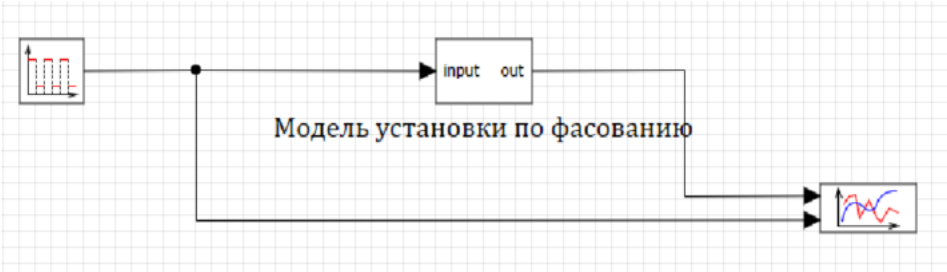


Рисунок 5 - Модель установки по фасованию продукции (основная схема)

Процесс заполнения короба напрямую зависит от включения/выключения скорости подачи. График зависимости показан на рисунке 7.

Исходя из рисунка видим, что когда скорость подачи продукции принимает свое максимальное значение (1), то вес короба с продукцией линейно увеличивается на две единицы за временной интервал равный одной секунде.

Когда скорость подачи продукции принимает свое минимальное значение (0), то вес короба с продукцией остается прежним (не меняется) за тот же временной интервал.

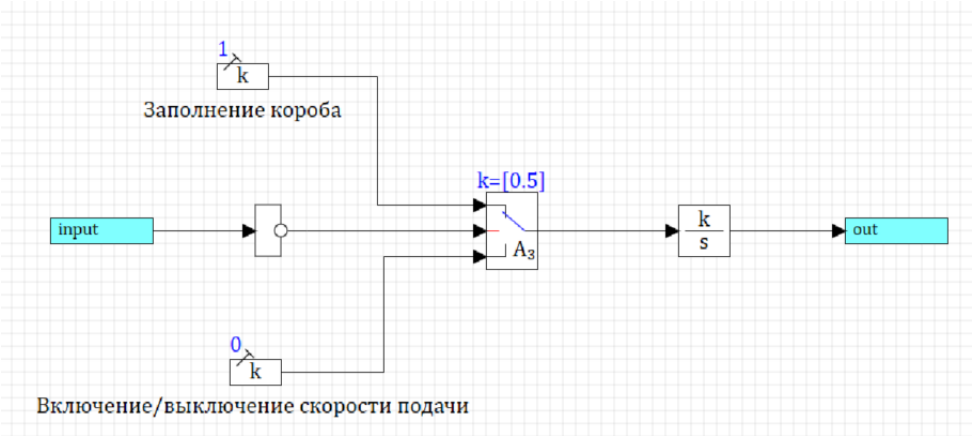


Рисунок 6 - Субмодель установки по фасованию продукции

Значения 1 и 0 обозначают соответственно полное открытие и закрытие наполняющего клапана.

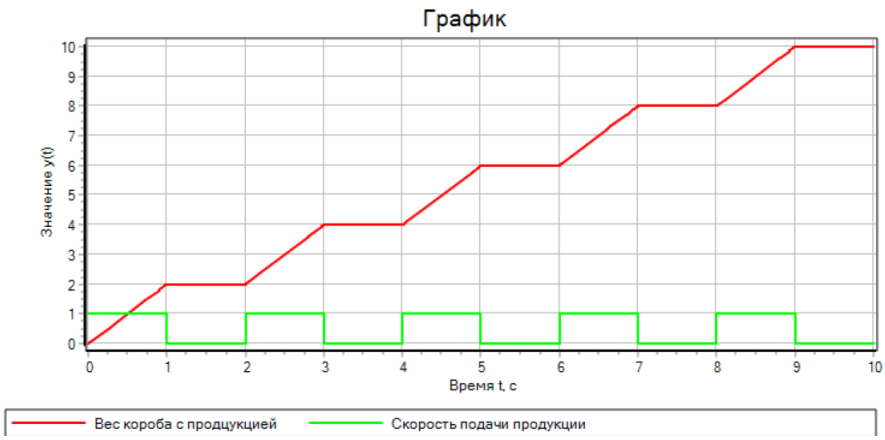


Рисунок 7 - График зависимости

Разработка системы управления проводилась в интегрированной программной среде TraceMode.

В узле RTM в группе «Каналы» были созданы необходимые каналы класса Float:

- емкость;
- клапан 1;
- клапан 2;
- вес продукции;
- вес упаковки;
- итоговый вес;
- канал, отвечающий за запись показаний из СУБД.

Также были определены необходимые аргументы экрана (рисунок 8).

Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка
Клапан_2_R	IN	REAL		Клапан_2:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Пила_1_VALUE	IN	REAL		Пила#1:Значение (Источники/Приемники.Генераторы_1)
Емкость_R	IN	REAL		Емкость:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Клапан_1_R	IN	REAL		Клапан_1:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Вес_прод_R	IN	REAL		Вес_прод:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Вес_упак_R	IN	REAL		Вес_упак:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Итог_вес_R	IN	REAL		Итог_вес:Реальное значение (Система.RTM_1.Каналы)
База_данных_1_34_B_NAME	IN	REAL		База_данных#1:34:Базовое имя (Система.RTM_1.Каналы)
Service	IN/OUT	REAL		База_данных#1:34:Входное значение (Система.RTM_1.Каналы)
Емкость_C	IN	REAL		Емкость:Состояние (Система.RTM_1.Каналы)

Рисунок 8 – Аргументы главного экрана для процесса фасовки продукции

В группе «Источники/Приемники» был создан генератор пилообразного сигнала и привязан к каналу «Емкость». Так происходит наполнение бака.

При помощи графических элементов была создана мнемосхема проекта, которая изображена на рисунке 9.

Как видно по рисунку, процесс фасовки может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режимах.

При помощи графических элементов (ГЭ) «Емкость», «Труба», «Насос», «Клапан», «Конус», «Цилиндр» была создана часть прототипа промышленного производства, занимающегося производством и фасовкой продукции.

ГЭ «Выключатель» нужен для того, чтобы в любой момент можно было остановить процесс наполнения емкости, когда это необходимо.

Стрелочный прибор показывает, какое количество продукции поступило в емкость. Именно поэтому в свойствах данного прибора указываем привязку к каналу «Емкость» и присваиваем ему реальное значение.

Как уже говорилось ранее, система управления может осуществляться в 2 режимах (ручной, автоматический).

Для настройки ручного управления создаются 2 кнопки, отвечающие за открытие/закрытие первого и второго клапанов. Когда клапан включен, то в графическом окне появляется цифра 1, и наоборот, когда клапан выключен, то в том же графическом окне показывается цифра 0.

Также отдельно создается кнопка «Автомат вкл/выкл», при нажатии на которую, должны скрыться элементы, связанные с ручным управлением. А сам процесс фасовки должен будет происходить по заранее написанной программе.

Перемещение коробов по конвейерной ленте создается при помощи вкладки «Динамическая трансформация». Надо только указать привязку к пилообразному сигналу и отметить соответствующие пункты [5] [6] [7].

Таким образом, была построена модель алгоритма управления клапаном для пищевого производства, в частности для процесса фасовки продукции. Выявлено, в какие временные интервалы происходят открытие, закрытие клапана, сбой в работе. Смоделированные данные отображают реальную информацию в системе и сравниваются с записями в журнале оператора станции.

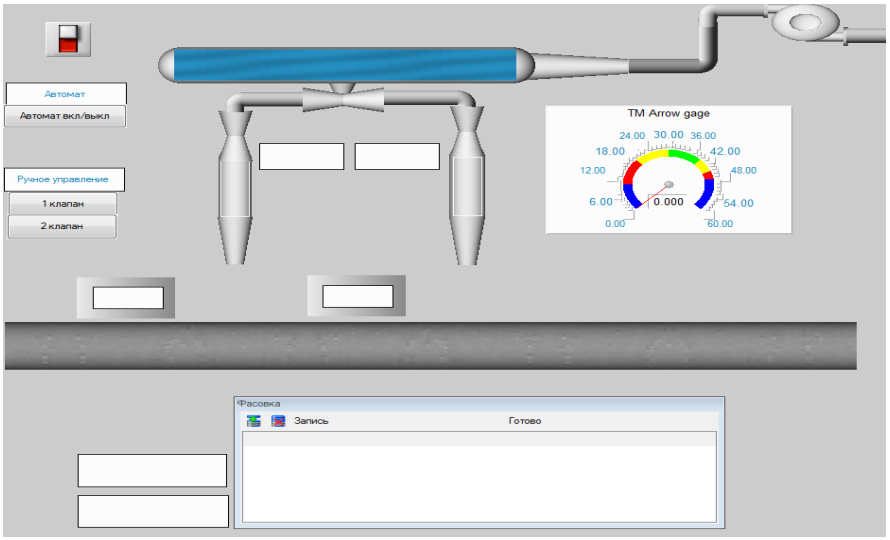


Рисунок 9 – Мнемосхема проекта «Автоматизация процесса фасовки готовой продукции»

Результатом работы является создание и усовершенствование системы управления процессом фасовки продукции в короба. Данное решение является эффективным, так как оно значительно упрощает производство и исключает ошибки из-за человеческого фактора.

Список литературы

1. Анализ рынка пищевой промышленности и перспективы его развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rynka-pischevoy-promyshlennosti-i-perspektivy-ego-razvitiya. - 05.01.2023.

2. Байкалов, М. С. Разработка и автоматизация системы управления сбытом продукции на предприятиях пищевой промышленности: диссертация... кандидата технических наук: 05.13.10 / Байкалов Максим Семенович; [Место защиты: Алтайский государственный технический университет им. И И. Ползунова] – Барнаул, 2007. - 164 с.

3. Воробьев, С. Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом приготовления и фасовки продукции / С. Воробьев // Журнал «СТА». – 2010. – №1. – С. 50-54.

4. Карякин, А. Т. Основы автоматизации технологических процессов в пищевой промышленности / А. Т. Карякин // Успехи современной науки. - Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Н.М. Бербекова, 2016. - №9. - С. 112 - 115.

5. Мищенкова, А. И. Система диспетчеризации и контроль технологических процессов пищевой промышленности / А. И. Мищенкова // Естественные и технические науки. - М: Московский государственный университет технологий и управления им. КГ. Разумовского, 2015. - №7. - С. 58 - 61.

6. Пантюхина, Е. В. Комплексная автоматизация пищевой промышленности. Учебник / Е. В. Пантюхина // Тула: Тульский государственный университет, 2019. – 216 с.

7. Хмелев, В. Н. Автоматизация линии фасовки пищевых продуктов / В. Н. Хмелев, Д. В. Генне, Д. С. Абраменко // Вестник Южно-Сиб. ун-та. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2017. – №4. – С. 247-250.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

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

Научно – исследовательская деятельность для будущего специалиста приобретает все большее значение и является одной из составляющих профессиональной подготовки.

Основной целью научно – исследовательской деятельности является получение субъектом деятельности новых объективных научных знаний.

В рамках образовательных учреждений любого уровня научно-исследовательская деятельность всегда является совместной познавательно-исследовательской работой преподавателя и обучающегося. Исполнителем при этом является обучающийся, выполняющий проектную, исследовательскую или творческую работу под непосредственным контролем руководителя [1]. Утвержденные федеральные государственные стандарты содержат описание всех форм научно – исследовательской деятельности.

Научно – исследовательская деятельность обладает рядом преимуществ:

1) позволяет провести анализ общественных проблем;

2) позволяет развивать в субъекте значимые качества;

3) позволяет совершенствовать интеллектуальные способности;

4) способствует развитию понимания необходимости коллективной работы и сотрудничества.

Формирование качеств личности, имеющих большое значение в общественной жизни, таких как: познавательный интерес, самостоятельность, коммуникабельность является, прежде всего, следствием участия студентов в научно-исследовательской деятельности. Кроме того, научно-исследовательская деятельность позволяет обучающимся стать конкурентоспособными на рынке труда.

Не является исключением и Аэрокосмический институт Оренбургского государственного университета. Огромный институт, структура которого изображена на рисунке 1, ведет подготовку квалифицированных специалистов по различным направлениям.

Большое значение имеет научно-исследовательская работа, например, при изучении таких дисциплин как: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Проектирование автоматизированных систем» и «Производственная практика. Научно-исследовательская работа». Знания, полученные обучающимися применимы в различных областях

промышленности в дальнейшей профессиональной деятельности, и для написания выпускной квалификационной работы.

Рисунок 1 – Структура Аэрокосмического института

Примером может служить тема магистерской работы «Автоматизация производства строительных материалов с применением древесных отходов».

Приступая к изучению данной темы, студент, в первую очередь, должен ознакомиться с такими понятиями как: строительные материалы; виды строительных материалов; виды строительных материалов с применение древесных отходов; арболит; технологический процесс; автоматизация производства и т.д.

Важно провести анализ технологического процесса производства строительных материалов с применением древесных отходов (арболита). Последовательность технологического процесса может быть следующая:

1. Приготовление заполнителя бетона из древесных отходов;
2. Смешивание древесной стружки со специальными минеральными добавками;
3. Приготовление смеси бетона со стружкой (арболитовой смеси);
4. Формирование изделий из арболитовой смеси;
5. Твердение изделий из арболита;
6. Хранение и транспортировка изделий из арболита.

Технология производства строительных материалов из арболита выглядит следующим образом (рисунок 2).

Технологический процесс изготовления изделий из арболита начинается с подготовки ингредиентов смеси. До 85 % смеси составляет дробленая древесина. Возможно применять различные фракции: древесная щепа, опилки, стружка. Оптимальными являются хвойные породы древесины, такие как: сосна, пихта, ель. Возможно совместное применение хвойной древесины с некоторыми лиственными породами: тополь, осина, береза. Максимальные размеры частиц: ширина - не более 5 мм, длина - до 25 мм. Важным условием

необходимой плотности изделий является использование древесины различных фракций.

После измельчения щепу смешивают с химическими добавками (жидкое стекло, хлорид кальция, сернокислый глинозем, известь),которые нейтрализуют воздействие сахаров, содержащихся в древесине, способствующих брожению и к разрушению целостности блока.

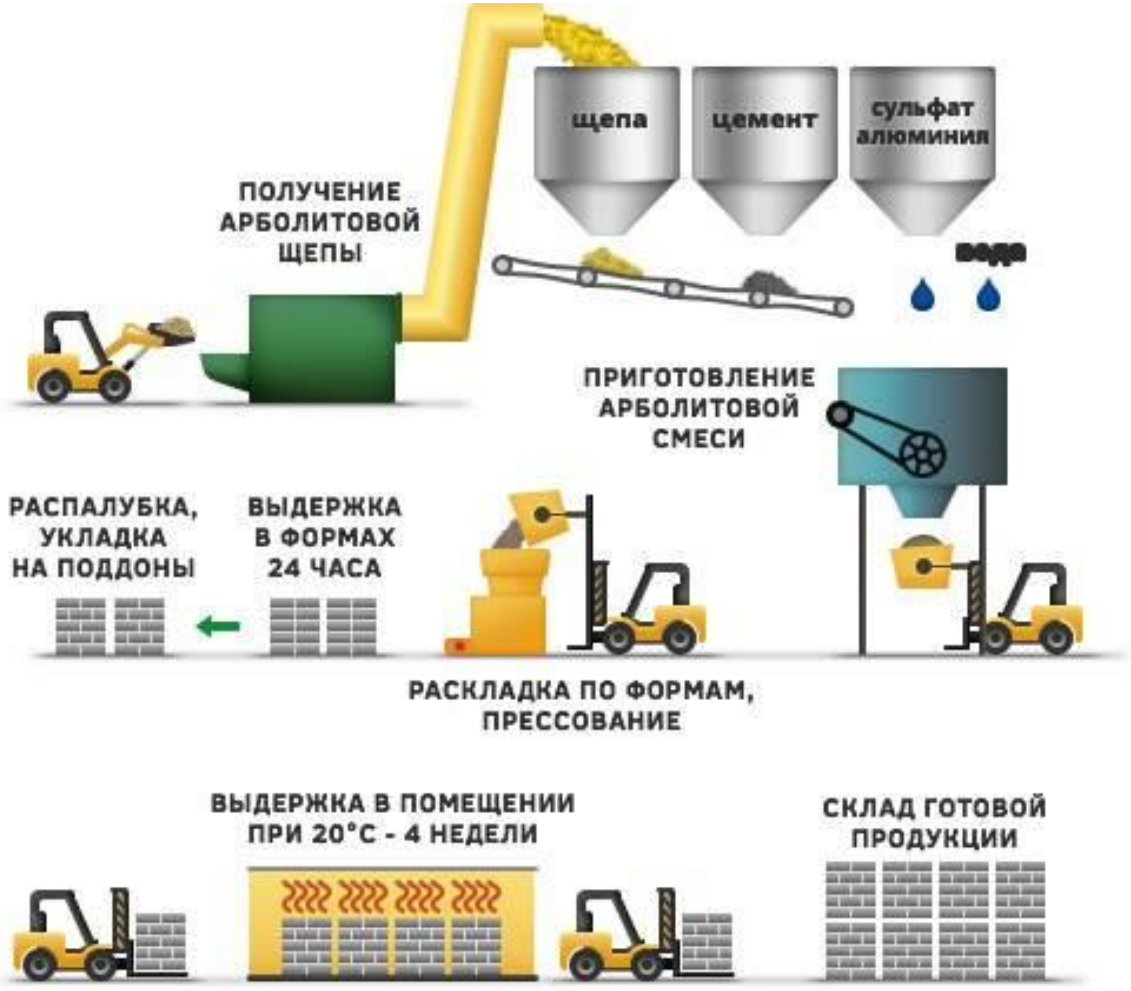


Рисунок 2 – Технологический процесс производства изделий из арболита

Далее полученная смесь поступает в бункер, оснащенный дозатором. Для замешивания раствора арболита применяется специализированная смесительная установка. Следующий этап - подача смеси в специализированный формовочный вибропресс, с установленными формами, требуемого типоразмера. Изделия на подставке переносят в зону сушки. Сушку производят в специализированной камере. Температура в сушильной камере должна быть не выше 45 °С и относительная влажность воздуха не менее 50%. Возможно проводить сушку без камер, при температуре не ниже 20 °С. Использование и перевозка блоков возможно не ранее чем через 2 недели.

Изучение и анализ существующих технологий производства арболита, обобщение опыта; патентный поиск по данной теме; выбор и обоснование технологического способа производства арболита, бетонной смеси; изучение технологического процесса выгрузки заполнителей; изучение сырьевых материалов для производства арболита; изучение и подбор технологического оборудования; знакомство с принципом работы растворобетонной установки; выбор средств автоматизации; разработка технологии производства и прочее – все эти вопросы являются частью научно-исследовательской деятельности студента при изучении темы.

Вовлечение студентов Оренбургского государственного университета в научно-исследовательскую деятельность способствует формированию готовности будущих специалистов к творческой реализации знаний, навыков и умений, приобретенных в учебном заведении, помогает овладеть методологией научных исследований, приобрести исследовательский опыт. В процессе научного поиска студенты осознают необходимость непрерывного профессионального самосовершенствования и самообразования. Непосредственное участие студентов в научных исследованиях важно не только для получения фундаментального образования, но прежде всего для воспитания специалистов с профессиональной культурой. Научно-исследовательская деятельность определяет возможности профессионального развития личности студента.

Список литературы

1. Фролова, Н. В. Роль научно-исследовательской деятельности студентов колледжа в системе профессиональной подготовки [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2015. – №8. – С. 445-447. –Режим доступа:URL https://moluch.ru/archive/55/7584/- 08.01.2023.

2. Чупрова, Л. В. Научно-исследовательская работа в образовательном процессе вуза//Теория и практика образования в современном мире: материалы международной заочной научной конференции, г. Санкт-Петербург, февраль 2012 г. – СПб.: Реноме, 2016. –С. 380–383.

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

4. Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. / В. А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д.Мартынов.– М.: Машиностроение, 1981. – 410 с.

5. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции / И.Х. Наназашвили.– М.: Стройиздат, 1990. –415 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОСНАЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СБОРКЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ МНОГОРАЗОВОГО КОСМИЧЕСКОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Галкин А.А., Халыков С.В.,
Каканов Д.А., Калинина И.С., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Особое внимание в производстве летательных аппаратов (ЛА) в настоящее время получило направление в автоматизации производственных процессов. Это включает в себя проектирование изделия, изготовление необходимого технологического оснащения, деталей и узлов, и конечный этап получения готового изделия – сборка ЛА.

Сборка узлов и агрегатов в готовое изделие является одним из трудоемких процессов изготовления летательных аппаратов. Основными затрагиваемыми вопросами при сочленении элементов конструкции ЛА являются: подготовка производства, а именно проектирование и производство оснащения для стыковки узлов и агрегатов; подготовка места для сборки ЛА; процесс сборки узлов и агрегатов конструкции, в которых присутствуют регламентированные ограничения к точности изготовления и стыковки деталей, узлов и агрегатов. Наиболее эффективные решения позволяют снизить риски получения бракованной продукции посредством применения автоматизированного оборудования для сборки, а также контроля исполнения сборочных работ. Однако существует необходимость в проведении подгоночных работ в случае более сложнореализуемых припусков на деталях и узлах, которые необходимо соблюдать в соответствии с конструкторской документацией. Указанные типы работ значительно увеличивают длительность сборки изделия, что является недопустимым, по меркам современного машиностроения, увеличением срока жизненного цикла изготовления готовой продукции.

Любые технические мероприятия, связанные с ликвидацией подгоночных работ или уменьшением их объема, т.е. с повышением взаимозаменяемости деталей и узлов при сборке, приводят к увеличению производительности труда и повышению качества изделий[1]. Поэтому представлена одна из идей автоматизации выполнения сборочных работ – применение автоматизированного оснащения с использованием вакуумного оборудования. Данная идея возможна к применению сборки теплозащиты многоразового космического летательного аппарата (МКЛА).

Вышеуказанное оснащение является специализированным сборочным приспособлением (СП). Указанное СП состоит из трех частей: *моторизированная колонна*, позволяющая перемещать оснащение по сборочному участку в продольном направлении изделия; *манипулятор*, позволяющий перемещать детали и узлы для осуществления сборки конструкции; *вакуумное оборудования*, позволяющая закреплять стыкуемую часть изделия к манипулятору, а также открепляти ее. Особое внимание в указанном СП стоит обратить на две основные части: манипулятор и вакуумное оборудование.

Манипулятор (рисунок 1) является основной частью СП. Конструкция манипулятора, за счет большого количества степеней свободы, позволяет повторять движения человеческой руки – часть подгоночных работ может выполняться в автоматическом (по программе сборки), полуавтоматическом (под присмотром человека) и в ручном режиме. Количество подвижных частей и их сочленений может меняться в зависимости от потребностей. Могут применяться гидро-, пневмо-, электроприводы для реализации движения подвижных частей.

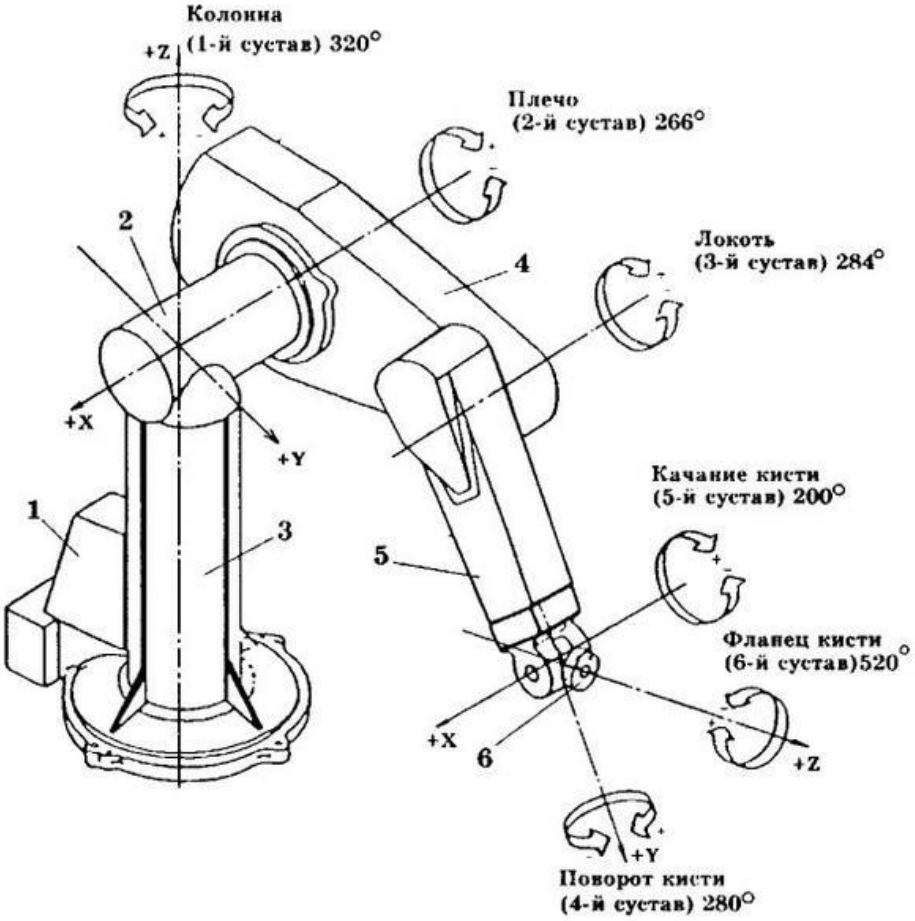


Рисунок 1 – Схема манипулятора в общем случае.

Вакуумное оборудование (Рисунок 2) включает в себя в общем случае: каркасные элементы, позволяющие закреплять настроечные элементы положения вакуумных захватов; непосредственно сами захваты, количество которых может быть изменено в зависимости от веса и габаритов деталей и узлов, и крепежный элемент с манипулятором. Основными достоинствами применения данного оборудования является [3]: 1) Отсутствие по торцам перемещаемых поверхностей дефектов, обычно присущие при фиксации поверхности на стапельной оснастке; 2) более простая операция фиксации; 3) возможность реализации для многих поверхностей из разных материалов; 4) энергоэффективность по сравнению с другими традиционными методами фиксации. Существенным недостатком может стать настройка и обслуживание данного оборудования из-за специфичности в обеспечении вакуума на поверхности закрепляемого узла.

Рисунок 2 – Манипулятор с вакуумным оборудованием

Суть применения автоматизированного оснащения с использованием вакуумного оборудования заключается в выполнении полного цикла сборочной операций в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах (установка теплозащиты на силовые элементы МКЛА), включающие в себя следующую последовательность [2]:

- позиционирование собираемой конструкции или агрегата;
- подача крепёжного элемента;
- нанесение герметика;
- установка крепёжного элемента;

- разгерметизация вакуумного оборудования с крепежного элемента;
- возвращение в начало цикла.

Основной результат применения автоматизированного оснащения с использованием вакуумного оборудования в сборке теплозащиты многоразового космического летательного аппарата – увеличение эффективности сборки за счет уменьшения времени основной сборки и подгоночных работ, т.к. данное оборудование подключается к общей системе координатно-измерительных машин, что позволяет осуществлять сборку теплозащиты с помощью программного обеспечения. Также стоит учесть, что, в зависимости от нужд производства, указанное автоматизированное оснащение может быть переоборудовано для автоматизации других процессов в ходе сборки готового изделия. Стоит также учесть, что цена на внедрение данного оборудование может быть высокой, но в случае серийного производства автоматизированное оснащение имеет высокую окупаемость для дальнейшего улучшения процесса сборки готовой продукции.

Список литературы

1 «Особенности моделирования технологического процесса сборки в самолетостроении» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studfile.net/preview/9292341/page:4/

2 Пикалов, А. А. Применение роботизированных систем при сборке авиационных конструкций, содержащих смешанные пакеты КМУ-Ti-Al / А.А. Пикалов. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – № 1. – С. 1550-1556

3 Перспективы использования промышленных роботов-манипуляторов[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vektorus.ru/blog/promyshlennye-roboty-manipulyatory.html

АДАПТАЦИЯ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗАХ

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

Площадь Российской Федерации составляет свыше 17 млн. км2 . Более 60 % этой территории не обеспечены гарантированным электроснабжением. Это относится, в первую очередь, к удаленным местностям Северо-западной части европейской части страны, Сибири, Дальнего Востока. Энергоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий, находящихся на этих территориях, осуществляется, в основном, автономными дизельными электростанциями. В связи с возникающими сложностями снабжения этих удаленных объектов энергетики нефтяным дизельным топливом актуальной проблемой является конвертирование указанных дизельных электростанций на альтернативные топлива. Виды альтернативных моторных топлив весьма разнообразны. Привлекательным представляется использование относительно дешевых местных сырьевых ресурсов – топлив, к которым можно отнести природный газ, попутные нефтяные газы, генераторные газы, получаемый из местных сырьевых ресурсов – отходов лесной промышленности, сельского хозяйства, твердых бытовых отходов.

Для большинства регионов России значимыми местными сырьевыми ресурсами являются растительная биомасса и отходы ее переработки, а также твердые бытовые отходы. Ежегодно в России заготавливается около 150 млн. м3 древесины. При ее заготовке и переработке образуется более 30 млн. м3 отходов, которые можно использовать для производства моторных топлив. Суммарный энергетический потенциал отходов агропромышленного комплекса России достигает 81 млн. т условного топлива в год. В частности, если весь генераторный газ и биогаз, полученный из этих отходов, будет перерабатываться в энергоустановках, то это позволит на 23 % обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии и на 15 % в тепловой энергии. В 2010 г. в России было произведено более 48 млн. т твердых коммунальных бытовых отходов. Около 95 % этого объема было направлено на захоронение, но его можно эффективно утилизировать с выработкой электроэнергии. Широкое использование указанных энергетических ресурсов для производства моторных топлив позволит решить проблему утилизации этих отходов, существенно снизить локальные потребности в нефтяном моторном топливе, решить многие экологические проблемы регионов.

Возможно производство из перечисленных сырьевых ресурсов синтетических моторных топлив, по своим физико-химическим свойствам достаточно близких к топливам нефтяного происхождения. Эти топлива могут

быть произведены из биомассы путем ее газификации водяным паром при высоких температурах и дальнейшего синтеза из полученного синтез газа жидких синтетических топлив, изображено на рисунке 1. Существенным недостатком получаемых таким образом жидких топлив является их повышенная стоимость, превышающая стоимость нефтяных моторных топлив в 1,5–3 раза.

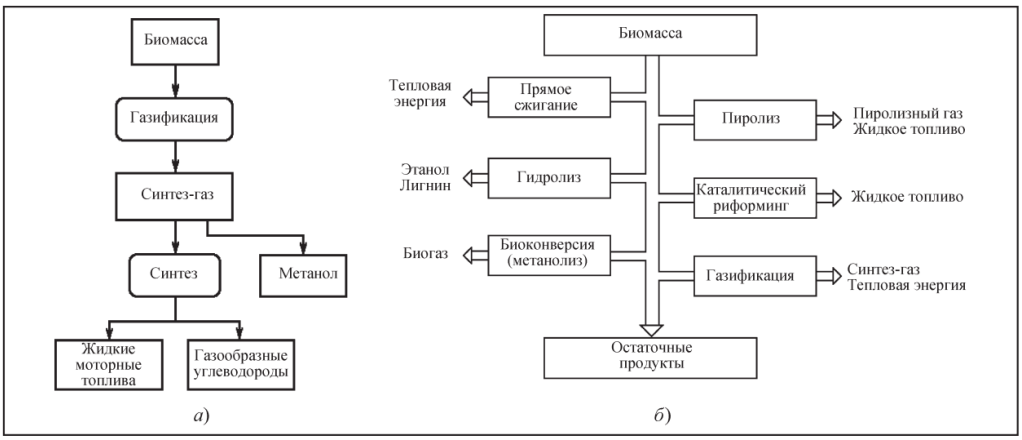


Рисунок 1 –Схема синтезирования топлив из биомассы и основные технологии переработки биомассы

Газификация биомассы возможна и другими способами, в частности – метанолизом (сбраживанием биомассы при нормальной или несколько повышенной температуре) и пиролизом (термическим разложением органических соединений при недостатке кислорода). Пиролиз осуществляется при температурах 800–900 С и при давлениях, близких к атмосферному. Выделяют первичные пиролизные реакции (разрушение тяжелых углеводородных молекул) и вторичные (синтез тяжелых углеводородов из низкомолекулярных непредельных углеводородов – эти реакции протекают, преимущественно, на поздних стадиях пиролиза). В результате, пиролиза получают пиролизный (генераторный) газ, лёгкую смолу (пиробензин) и тяжёлую пиролизную смолу (температура начала кипения около 200 С). Возможно выделение из пиролизного газа водорода. Остаточный продукт пиролиза – пиролитический кокс.

В последнее время в связи с развитием средств малой распределенной энергетики возрос интерес к автономным энергетическим установкам, использующим газопоршневой двигатель в качестве привода электрогенератора. Такие установки имеют ряд несомненных достоинств: относительно низкие удельные капитальные затраты, короткие сроки монтажа, быстрый запуск, простота обслуживания, высокий КПД на режимах с частичной нагрузкой, мобильность. Наибольшей топливной экономичностью отличаются энергетические установки, оснащенные теплообменными агрегатами для утилизации тепла (мини ТЭЦ), которые появились еще в начале

XX века. Отдельным направлением указанной технологии получения электроэнергии и тепла является использование в качестве моторного топлива газообразных продуктов термохимической конверсии биомассы (торфа, древесных, сельскохозяйственных отходов, а также органического мусора).

Список литературы

1. Сергеев В.В. Теплоэнергетические основы промышленной слоевой газификации растительной биомассы / СПб. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет — 2009.— С. 284.

2. Лапидус А.Л. Альтернативные моторные топлива / А.Л. Лапидус, И.Ф. Крылов// Учебное пособие для вузов. М.: ЦентрЛитНефтеГаз. — 2008. — 288 с

3. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. / Нефть и газ. — 2009. — С. 637 —640.

4. Мухина Т.Н., Пиролиз углеводородного сырья /Т.Н.Мухина, Н.Л.Барабанов // Химия—1987. — С. 240.

5. Пищухин А.М., Анализ средств автоматизированного контроля дефектов тканых полотен /А.М. Пищухин, О.А. Пищухина//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2018. — № 6. — С. 44—47.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Дрозд Д.Е., Климов А.Ю., Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Лазерная наплавка – технология, позволяющая восстанавливать детали из металла, которые при эксплуатации подвергаются повышенному износу, динамическим нагрузкам и механическим воздействиям. Лучом, генерируемым источником лазерного излучения, на поверхности изделия создается ванна расплава. В эту зону подают присадки: порошок, проволока, газопорошок или другой материал. В результате образуются сварные наплавки, восстанавливающие изношенную структуру изделий. Широкое применение данный метод получил на предприятиях и в мастерских, занимающихся изготовлением и ремонтом металлических инструментов, штампов, пресс-форм, компонентов компрессорного оборудования и пр. В ходе технологического процесса лазерного восстановления залечиваются трещины, сколы, царапины, задиры, забоины и прочие дефекты поверхности, восстанавливается прочность изделия. Схема лазерной наплавки представлена на рисунке 1.

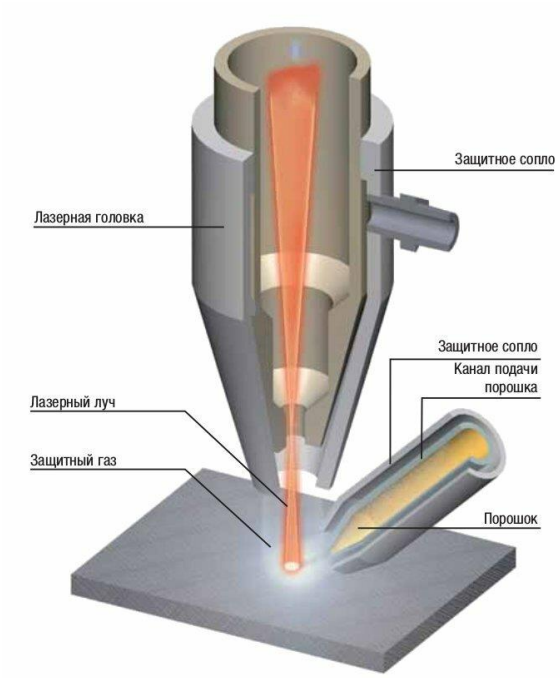


Рисунок 1 – Принципиальная схема лазерной наплавки

Работы, связанные с применением лазерных технологий, выполняются на станках, оснащенных лазерными генераторами диодного, алюмоиттриевого или оптоволоконного типа. Они способны генерировать лучи с длиной волны от 0,9 до 1,3 мкм. В таком диапазоне лучше всего поглощает большая часть чистых металлов. Наибольшее распространение получили диодные лазеры, которые обеспечивают максимально равномерную плотность распределения в месте фокусировки лазерного луча [1].

Лазерная наплавка металла выполняется с применением порошковых, газопорошковых присадок и проволоки. Разными бывают и способы подачи расходного материала: коаксиальная, латеральная, радиальная.

Исследуемым материалом в работе являлась легированная стальс нанесенным никелевым покрытием, полученным лазерным селективным плавлением порошковых материалов.

Внешний вид однородного покрытия, толщиной не более 1800-1900 мкм представлен на рисунке 2.

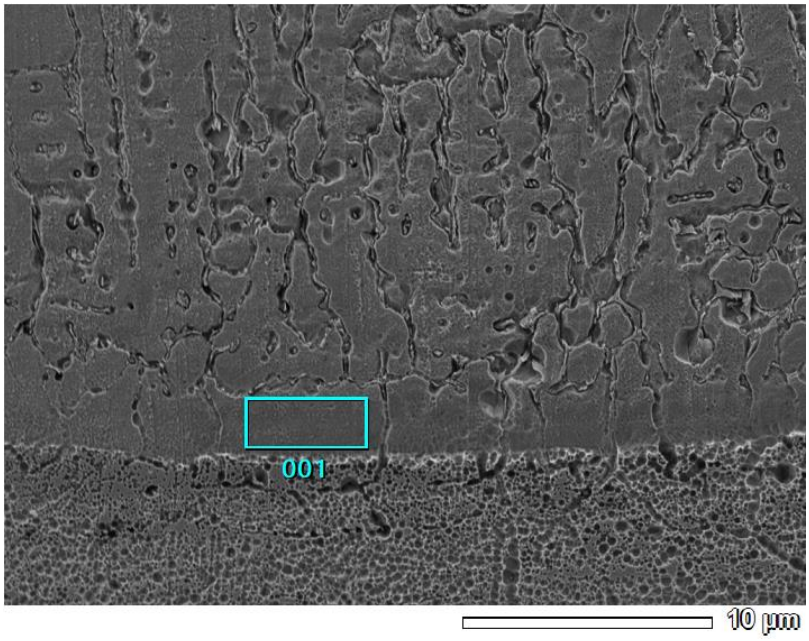


Рисунок 2 – Внешний вид полученного покрытия, с выделенной областью, подвергнутой исследованию химического состава (спектр 001)

Далее был проведен анализ химических элементов с помощью электронного микроскопа «JEOL-6000». С помощью энерго-дисперсионного анализатора, построили диаграммы распределения химических элементов в различных областях, а также определили долю содержания каждого химического элемента в покрытии. Спектрограмма и результаты спектрального химического анализа представлены на рисунке 3 и в таблице 1.

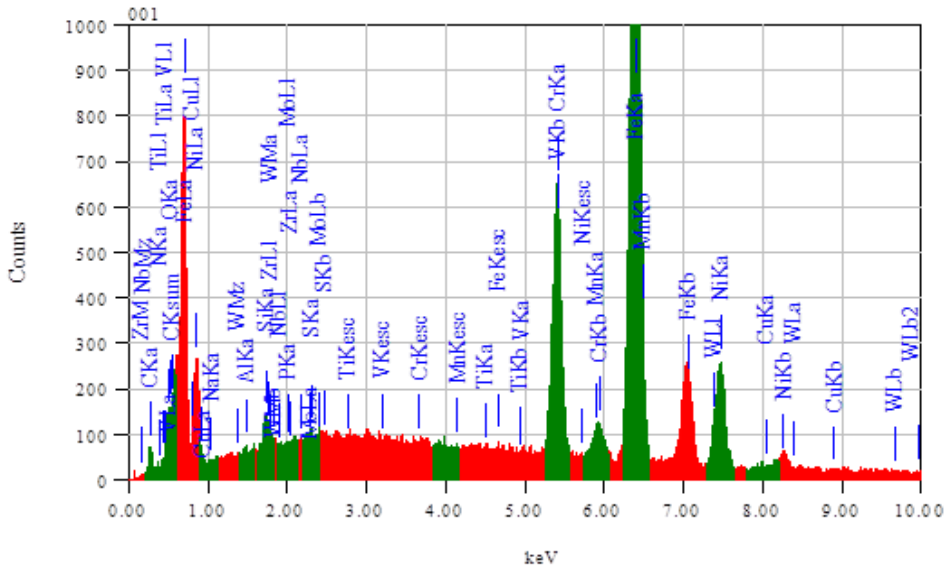


Рисунок 3 – Спектрограмма анализируемого спектра (001)

Таблица 1 – Химический состав выделенного участка (001)

В процентах

Зафиксированный элемент в спектре	Fe	C	Ni	Cr	O	Si	Mo
Содержание, %	54,49	15,17	14,26	12,77	1,35	1,23	0,73

Результаты электронной растровой микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа указывают, что основными элементами, входящими в состав покрытия, являются никель и хром, которые очевидно связаны с углеродом (15,17 %) и кислородом (1,35 %). Кроме того, в составе покрытия содержатся дополнительные тугоплавкие и дисперсные легирующие элементы кремний и молибден, в количестве, обеспечивающем микролегирование за счет образования самостоятельных упрочняющих фаз, также в покрытии присутствует цементит.

Полный фазовый анализ материала с покрытием выполняли на мини дифрактометре МД-10 с медным катодом. Образец бомбардировали электронами при номинальном рабочем напряжении 25 кВ в двух режимах (пучок 1 – угол съемки от 0 до 70 θº, пучок 2 – угол съемки от 70 до 120 θº). Пользуясь данными межплоскостных расстояний простых веществ и их соединений были идентифицированы пики наибольшей интенсивности, характеризующие основные фазы в покрытии и их кристаллические решетки[2]. Результаты качественного рентгенофазового анализа представлены в виде рентгенограмм, полученных первым пучком электронов в диапазоне углов от 0 до 70 θº и вторым пучком в диапазоне от 70 до 120 θº, рисунок 4 и 5 соответственно, и данных расшифровки полученных спектров, таблица 2 и 3.

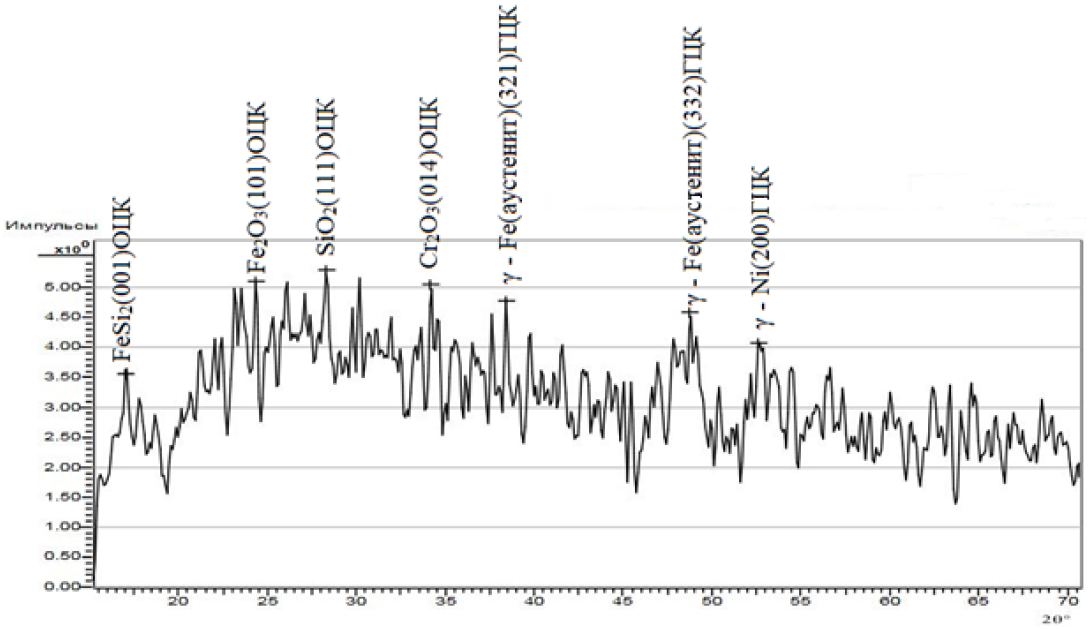


Рисунок 4 – Рентгенограмма образца, диапазон съемки от 0 до 70 θº

Таблица 2 – Результаты расшифровки пиков первого пучка

№	d	2θº	HKL	Тип решетки	Фаза
1	5,2063	17,03	001	ОЦК	$FeSi_2$
2	3,6592	24,32	101	ОЦК	Fe_2O_3
3	3,1561	28,28	111	ОЦК	SiO_2
4	2,6228	34,19	014	ОЦК	Cr_2O_3
5	2,3444	38,39	321	ГЦК	γ-Fe(аустенит)
6	1,8688	48,72	332	ГЦК	γ-Fe(аустенит)
7	1,7411	52,56	200	ГЦК	γ-Ni

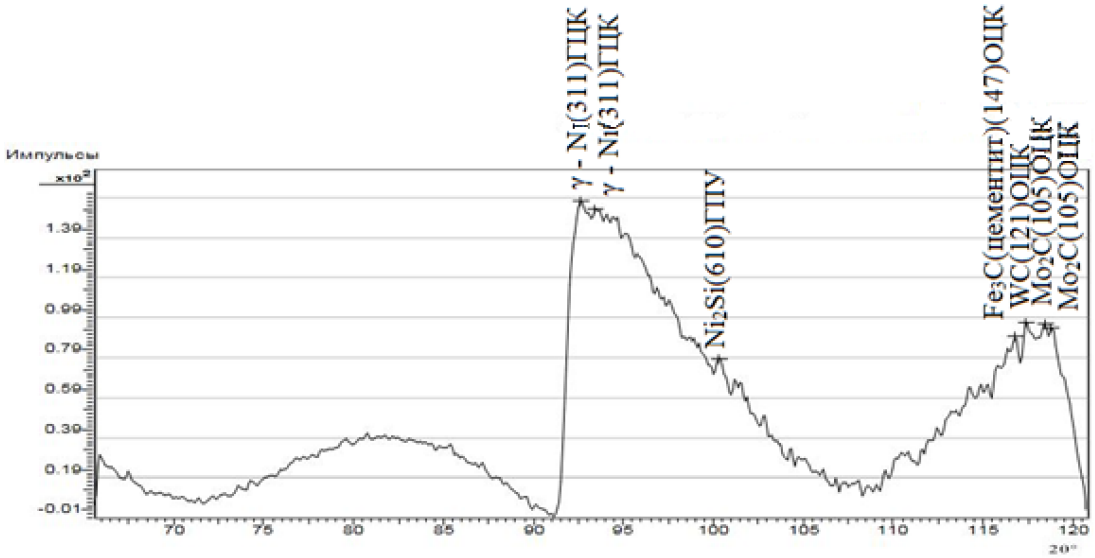


Рисунок 5 – Рентгенограмма образца, диапазон съемки от 70 до 120 θº

Таблица 3 – Результаты расшифровки пиков второго пучка

№	d	2θº	HKL	Тип решетки	Фаза
1	1,0664	92,59	311	ГЦК	γ-Ni
2	1,0593	93,40	311	ГЦК	γ-Ni
3	1,0038	100,34	610	ГПУ	Ni_2Si
4	0,9054	116,74	147	ОЦК	Fe_3C
5	0,9024	117,37	121	ОЦК	WC
6	0,8974	118,41	105	ОЦК	Mo_2C
7	0,8957	111,79	105	ОЦК	Mo_2C

На основе анализа экспериментальных данных выявили, что железоникелевое покрытие, содержащее не менее 13 % хрома и имеющее карбидные включения типа WC, Fe_3C, Mo_2C, а также интерметаллидные включения типа Ni_2Si, $FeSi_2$ получено методом селективного лазерного плавления. Покрытие обладает такими характеристиками, как высокая коррозионная, эрозионная, кавитационная стойкость, износостойкость и жаростойкость, что позволяет применять его в областях повышенного трения и различных агрессивных средах. Покрытие используется для нанесения на поверхности режущего инструмента и восстановления изношенных поверхностей с увеличением их износостойкости.

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2011. – 368 с. – ISBN 978-5-94275-591-1.

2. С.С. Горелик и др. «Рентгенографический и электронно-оптический анализ» - М, МИСИС, 1994 – 238 с.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

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

Проблема создания надежных радиотехнических систем, действующих в условиях разнообразной и непредвиденно меняющейся радиообстановки (при наличии пассивных и активных помех), потребовала разработки электронных средств, адаптивных к возможным изменениям. Применение адаптивных антенн позволяет значительно повысить эффективность систем связи и радиоуправления.

Адаптивными или самонастраивающимися называю системы (антенны), в которых максимальная эффективность функционирования при изменяющихся внешних условиях обеспечивается динамическим регулированном характеристик с помощью автоматического поиска подходящих значений на основе анализа поведения системы в различных условиях.

По принципу самонастройки адаптивные антенны делят на два больших класса:

с настройкой по эталону с помощью контура обратной связи (за параметр настройки принимается отклонение выбранного критерия качества от его значения в эталонной системе);

с экстремальной настройкой (адаптивные экстремальные), где параметры системы настраиваются так, чтобы критерий качества имел экстремальное значение.

Настройка адаптивной антенной решетки осуществляется комплексом измерительных, вычислительных и исполнительных устройств, позволяющих регулировать характеристики антенны в зависимости от параметров настройки согласно выбранному критерию качества

Наиболее широко известным типом антенн первой группы являются антенные решетки с цепью фазовой синхронизации (самофазирующиеся антенны). В таких антеннах сигналы с произвольным фазовым фронтом от всех элементов решетки обрабатываются так, что суммируются синфазно.

Эти антенны обладают рядом достоинств и являются перспективными. В частности, они позволяют устранить один из основных недостатков больших антенн - трудность получения коэффициента усиления более 60дБ из-за действия различных факторов случайного происхождения, а также из-за искажения волнового фронта под действием атмосферных неоднородностей.

Кроме того, элементы самофазирующейся антенны можно располагать на поверхности любой формы, на произвольных расстояниях один от другого, что

особенно существенно для антенных систем, устанавливаемых на подвижных платформах.

Другим типом антенн, относящимся к данной группе, являются переизлучающие антенны, которые представляют собой приемопередающие антенные решетки, в которых принятый сигнал излучается (после соответствующей информативной обработки) в обратном или произвольном направлении.

Основной принцип работы переизлучающих антенн - получение сопряженного фазового распределения поля по раскрыву антенны, которое может реализовано путем применения решетки Ван-Атта. Возможный вариант устройства сопряжения представлен на рисунке1. В его составе можно выделить усилители, модулятор, смеситель и гетеродин.

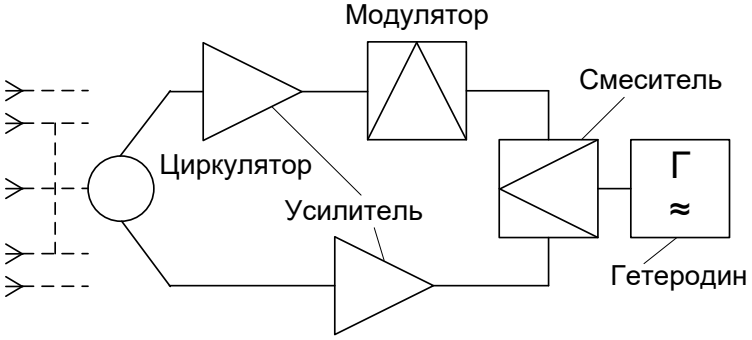


Рисунок 1 – Устройство сопряжения

Для получения сигнала сопряженной фазы на смеситель подаются принятый сигнал $U_C \cos(\omega_C t + \psi)$ и сигнал гетеродина $U_Г \cos \omega_Г t$.

На выходе смесителя

$$U = KU_C U_Г \cos(\omega_C t + \psi) \cdot \cos \omega_Г t = \\ = 0{,}5KU_C U_Г \left[\cos(\omega_Г t - \omega_C t - \psi) + \cos(\omega_Г t + \omega_C t + \psi)\right] \quad (1)$$

где K - коэффициент передачи.

Путем перестройки гетеродина добиваются того, чтобы выполнялось равенство $\omega_C = 2\omega_Г$. Тогда первое слагаемое в (1) имеет фазу, сопряженную с фазой принятого сигнала, и после фильтрации переизлучается.

Переизлучающие антенны особенно перспективны для систем телеметрии и самофазирующихся ретрансляторов линий связи с летательными аппаратами.

Рассмотренные решетки, обладая отмеченными достоинствами, не лишены и недостатков, важнейший из которых восприимчивость к помехам или глушению.

Иной тип представляют адаптивные решетки с экстремальной настройкой; корректировка весовых коэффициентов в такой решетке рассматривается как задача адаптивной оптимизации.

Адаптивные блоки обработки сигналов (процессоры) в самом общем случае осуществляют комплексную весовую обработку и когерентное сложение, анализ энергетического спектра сигнала и шума и их пространственно-временное распределение, а затем формирование диаграммы направленности антенной решетки, обеспечивающей максимальное отношение некоторого выбранного критерия оптимизации.

Оптимизацию можно проводить:

максимизируя отношение сигнал/шум на выходе решетки;

минимизируя средний квадрат ошибки, равный разности входного сигнала решетки и опорного сигнала;

максимизируя вероятность обнаружения цели при заданной вероятности ложной тревоги.

Все эти критерии тесно связаны между собой.

Возможная структурная схема адаптивной решетки показана на рисунке 2.

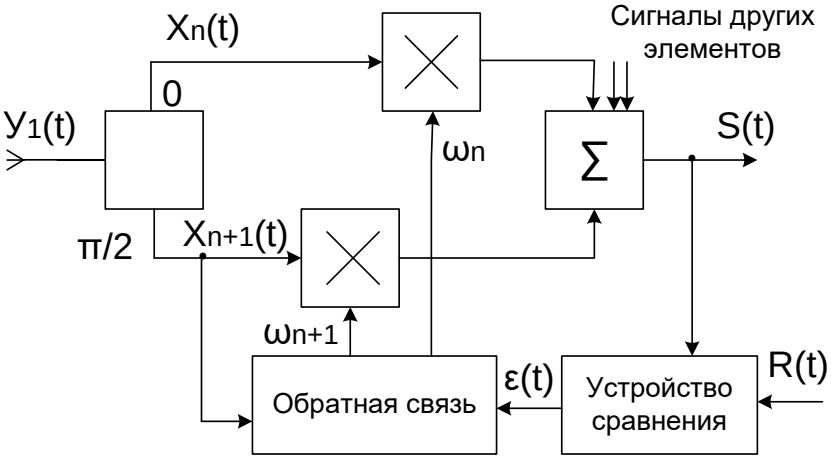


Рисунок 2 – Вариант схемы экстремальной антенной решетки

Сигнал $y_n(t)$, принятый каждым элементом решетки поступает на вход усилителя C_n, где имеется возможность регулировки коэффициента усиления и фазы.

Выходной сигнал решетки $S(t)$ образуется путем суммирования сигналов всех каналов. Чтобы сделать решетку адаптивной, $S(t)$ сравнивают с опорным сигналом $R(t)$ и разность сигналов или сигнал ошибки $\varepsilon(t)$ подают на вход системы обратной связи, регулирующей комплексные веса C_n.

Весовые коэффициенты регулируются системой обратной связи, чтобы оптимизировать один из указанных критериев, в частности минимизировать средний квадрат $S(t)$. При этом выходной сигнал решетки $S(t)$ приближается,

насколько это возможно по среднеквадратическому критерию, к опорному сигналу $R(t)$.

Следовательно, любой принятый сигнал, не представленный в $R(t)$, воспринимается как сигнал ошибки, и система обратной связи регулирует весовые коэффициенты так, чтобы устранить его из выходного сигнала.

В результате по направлению прихода этого сигнала устанавливается нуль диаграммы направленности антенны. Если же принимаемый сигнал представлен в $R(t)$, система обратной связи сохраняет его в выходном сигнале (с такими же амплитудой и фазой, как и у $R(t)$). Следовательно, с помощью опорного сигнала $R(t)$ можно различать полезные и мешающие сигналы.

В реальной ситуации из-за неполной информации опорный сигнал устанавливается после оценки входной информации с помощью блока спектрального анализа.

На практике амплитуды и фазы (комплексный коэффициент C_n) регулируют, разделяя сигнал от каждого элемента $y_n(t)$ на синфазную $x_n(t)$ и квадратурную (сдвинутую на 90°) $x_{n+1}(t)$ составляющие и умножая затем каждую составляющую на весовой коэффициент $\omega_n(\omega_{n+1})$, как показано на рисунке 3.

Задача устройства автоматического регулирования весовых коэффициентов заключается в подборе таких весовых коэффициентов ω_n, которые в каждый момент времени минимизируют величину среднего квадрата сигнала ошибки, являющуюся квадратичной функцией весовых коэффициентов.

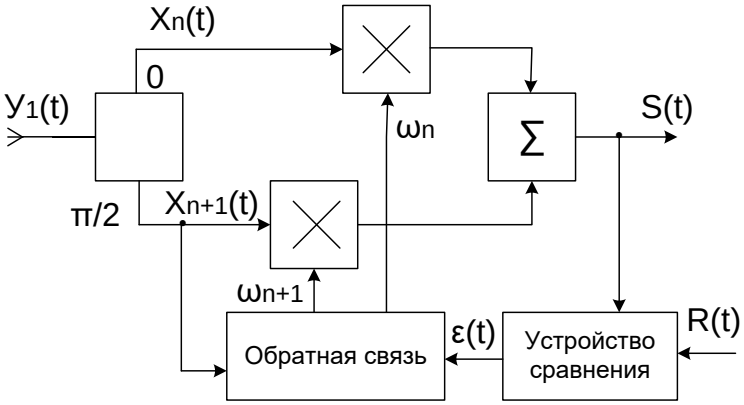


Рисунок 3 – Разделение сигнала на составляющие

Реализовать эту задачу можно различными путями, например, с помощью разновидности градиентного алгоритма - метода наискорейшего спуска, релаксационным методом, методом стохастической аппроксимации.

Адаптивность решетки зависит от уровня принимаемого сигнала, входного отношения сигнал/помеха (с/п), коэффициента усиления обратной связи и угла между направлениями прихода информационного и помехового сигнала.

Так, для 2-элементной адаптивной решетки показано [2], что если направление прихода полезного сигнала перпендикулярно раскрыву решетки, то при входном отношении с/п равном -20 дБ выходное отношение с/п равно +14 дБ для углов прихода помехового сигнала, больших 13°.

Если направления прихода сигналов близки, то резко возрастает затухание полезного сигнала (при углах 13 и 14° оно составляет -10 и -20 дБ соответственно).

При входном отношении с/п равном -40 дБ (т.е. при возрастании мощности помехи) выходное отношение с/п равно + 34 дБ для всех углов прихода сигнала помехи, больших 1°.

Затухание полезного сигнала остается практически тем же, что и в предыдущем случае. Таким образом, с помощью адаптивной решетки возможен прием слабого полезного сигнала в присутствии сильной помехи.

Антенны с обработкой сигнала обладают рядом серьезных достоинств. Однако число достоинств той или иной схемы антенны с обработкой сигнала часто пропорционально числу ее недостатков.

Основная трудность реализации адаптивных антенн, удовлетворяющих современным требованиям, состоит в необходимости создания гибких логических устройств, обеспечивающих оптимальное управление системой в условиях неполной информации.

Для реализации оптимальных адаптивных антенн и уменьшения времени поиска их оптимальных параметров необходимо использовать всю имеющуюся априорную информацию об объекте управления и о воздействиях на него. Это требует использования элементов теории автоматического регулирования, адаптации и обучения, статистической теории решений и т.д.

Список литературы

1. Воскресенский, Д.И. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток / Д.И. Воскресенский. – М. : «Радио и связь», 2012. – 744 с.

2. Бахрах, Л.Д. Антенны (Современное состояние и проблемы) / Л.Д. Бахрах. – М. : «Сов. радио», 1979. – 208 с.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

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

Разработка схемы следящей системы и определение параметров с применением наиболее простых технических средств, обеспечивающих требуемое поведение системы в динамике, при наличии управляющих и возмущающих воздействий является общей задачей синтеза следящих систем.

Решение общей задачи синтеза неизбежно встречается с большими трудностями.

Во-первых, результат решения может быть отрицательным. Это означает, что система с заданными требованиями физически не осуществима.

Во-вторых, могут быть получены такие параметры системы и характеристики ее элементов, которые невозможно осуществить технически.

В-третьих, задача может иметь неоднозначный ответ, что делает процесс ее решения весьма громоздким.

Указанные трудности, возникающие при решении общей задачи, не дают возможности применить наиболее простые способы технического осуществления системы. И связи с этим рассмотрим решение частной задачи синтеза отдельных устройств системы. При постановке и решении этой задачи необходимо учитывать, что некоторые элементы основного контура следящей системы обладают трудно изменяемыми параметрами. Они выбираются при проектировании системы исходя из конкретных условий работы, требований, предъявляемых к мощности, надежности и в дальнейшем изменению не подлежат. Кроме того, в систему вводятся корректирующие устройства с легко изменяемыми параметрами, которые необходимы для придания системе требуемых динамических свойств.

Рассмотрим влияние корректирующих устройств на амплитудно-фазовую характеристику (АФХ) разомкнутой системы. Следящая система, не содержащая корректирующих устройств, как правило, неустойчива. Уменьшая коэффициент усиления разомкнутой системы, можно сделать систему устойчивой. Однако уменьшение коэффициента усиления увеличивает динамическую ошибку системы. Чтобы обеспечить устойчивость системы и добиться необходимого качества переходного пронесся без изменения коэффициента усиления, нужно изменить вид амплитудно-фазовой характеристики таким образом, чтобы она не охватывала точку с координатами $(-1;j_0)$ и обладала определенным запасом устойчивости. Это достигается при помощи корректирующих устройств.

Корректирующие устройства делятся на два типа: последовательные и параллельные. Последовательные корректирующие устройства включаются последовательно с элементами основного контура (рисунок 1).

Действие их состоит в изменении закона регулирования, который становится пропорциональным не только рассогласованию $\varepsilon(t)$, но также производным и интегралам от рассогласования.

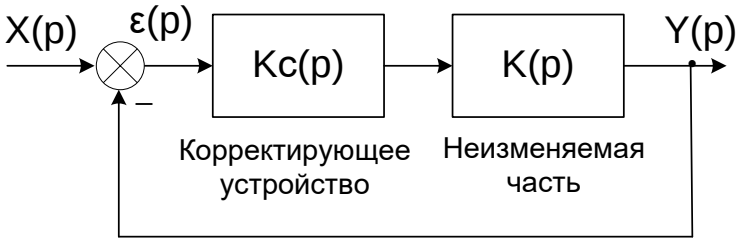


Рисунок 1 – Последовательное корректирующие устройство

Введение производных в закон регулирования делает систему более устойчивой и быстродействующей. Введение в закон регулирования интегралов от рассогласования повышает порядок астатизма системы. При этом увеличивается точность системы в установившемся режиме.

Параллельные корректирующие устройства (местные обратные связи) включаются параллельно элементам основного контура системы. Они охватывают один или несколько элементов системы (рисунок 2).

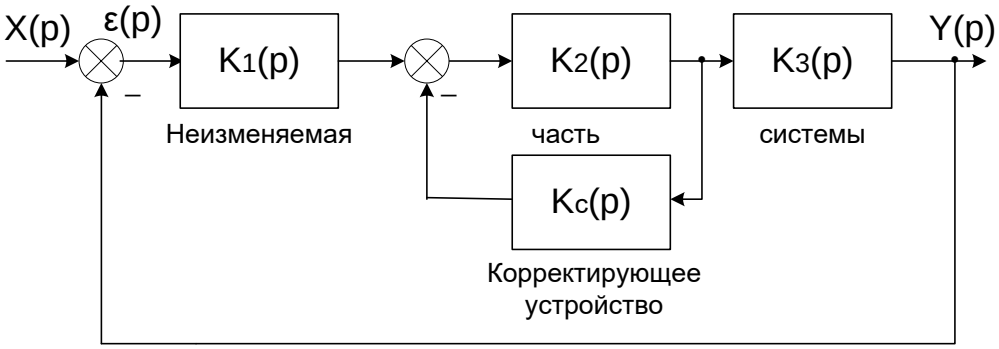


Рисунок 2 – Параллельное корректирующие устройство

Обычно отрицательной обратной связью охватываются наиболее инерционные элементы системы. Исходя из сказанного частная задача синтеза состоит в выборе схемы и параметров корректирующего устройства. Выбор производится с учетом динамических свойств элементов основного контура (неизменяемая часть) системы.

Решение частной задачи синтеза облегчается тем, что требования, предъявляемые к показателям качества системы, обычно определяют лишь максимальные значения этих показателей.

Точное значение показателей качества, как правило, не задается, так как это не имеет значения для практических целей. В данном случае необходимо учитывать требования, предъявляемые к следящей системе: устойчивость;

качество переходного процесса при единичном воздействии; точность, определяемая установившейся и случайной ошибками.

Установившаяся ошибка состоит из двух слагаемых: динамической и статической ошибок. Существует два типа статических ошибок: ошибки, обусловленные принципом работы самой системы, которые имеют место лишь в статических системах; ошибки, обусловленные моментом сухого трения, люфтами. Эти ошибки присущи статическим и астатическим системам.

Чтобы устранить ошибки, обусловленные самим принципом работы, переходят от статических систем к астатическим. Ошибка, обусловленная моментом сил сухого трения, полностью не может быть ликвидирована, но ее можно уменьшить, если правильно спроектировать систему. При синтезе эта ошибка не учитывается, так как в правильно спроектированной системе она обычно невелика. Пренебрежение ею не сказывается существенно на результатах синтеза корректирующих устройств. Наконец, можно задать требования исходя из условий технической реализации системы.

Чтобы улучшить показатели качества, следует учитывать специфические особенности работы системы. Если следящая система должна воспроизводить входную величину с высокой точностью, то в первую очередь задаются требования к порядку астатизма, коэффициентам ошибок C_0, C_1, C_2, ..., запасам устойчивости по модулю и фазе.

Показатели качества переходного процесса в данном случае определяющего значения не имеют. Если же входная величина следящей системы при типовом режиме работы принимает последовательно ряд постоянных значений, то прежде всего должны быть удовлетворены требования, предъявляемые к качеству переходного процесса.

Могут быть заданы и другие требования к поведению системы в динамике. Например, при работе системы под воздействием флуктуационных помех необходимо задать максимально допустимую величину среднеквадратической ошибки.

Наиболее широкое распространение получил частотный метод синтеза корректирующих устройств, в частности, метод логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ). Частотный метод синтеза основан на связи вещественной частотной характеристики замкнутой системы следящей системы с показателями качества переходного процесса. При этом должны быть известны параметры элементов основного контура. Данный метод дает возможность по заданным показателям качества построить желаемую логарифмическую амплитудную характеристику (ЛАХ) скорректированной системы, а затем найти передаточную функцию, схему и параметры корректирующего устройства.

Методика синтез последовательного корректирующего устройства по известной структурной схеме (рисунок 1) системы состоит в следующем.

Амплитудно-фазовая характеристика корректированной системы выражается зависимостью

$$K_K(j\omega) = K_C(j\omega)K(j\omega), \quad (1)$$

где $K_C(j\omega)$ - АФХ последовательного корректирующего устройства;

$K(j\omega)$ - АФХ разомкнутой некорректированной системы.

Можно показать, что

$$\begin{aligned} &20\lg K_K(\omega) = 20\lg K(\omega) + 20\lg K_C(\omega); \\ &\varphi_K(\omega) = \varphi(\omega) + \varphi_C(\omega). \end{aligned} \quad (2)$$

Данные уравнения показывают, что логарифмические амплитудная и фазовая характеристики корректированной системы равны сумме логарифмических амплитудных и фазовых характеристик некорректированной системы и последовательного корректирующего контура.

Таким образом можно сформулировать порядок действий для осуществлениясинтезапоследовательногокорректирующегоустройства[2].

1. Строится ЛАХ некорректированной системы $L(\omega)$. Строится желаемая ЛАХ $L_Ж(\omega)$.

3. Строится ЛАХ корректирующего устройства $L_C(\omega)$.

4. Определяется схема и параметры корректирующего устройства (по виду ЛАХ $L_C(\omega)$, используя таблицы типовых пассивных стабилизирующих контуров.

Сущность метода синтеза параллельного корректирующего устройства заключается в его преобразовании в эквивалентное последовательное.

Пусть задана структурная схема, в которой параллельное корректирующее устройство охватывает только часть элементов основного контура, чаще всего наиболее инерционных (рисунок 2).

Передаточная функция звеньев, охваченных отрицательной обратной связью, имеет следующий вид

$$K_{2C}(p) = \frac{K_2(p)}{1 + K_2(p)K_C(p)} = \frac{K_2(p)}{1 + K_П(p)}, \quad (3)$$

где $K_П(p) = K_2(p)K_C(p)$ - передаточная функция разомкнутой местной петли обратной связи.

Тогда передаточная функция разомкнутой корректированной системы принимает вид

$$K_K(p) = K(p)\frac{1}{1 + K_П(p)} = K(p)K_B(p), \quad (4)$$

где $K(p) = K_1(p)K_2(p)K_3(p)$ - передаточная функция разомкнутой некорректированной системы;

$K_B(p) = \dfrac{1}{1 + K_П(p)}$ - вспомогательная передаточная функция.

С учетом введенных обозначений эквивалентная структурная схема системы приведена на рисунке 3.

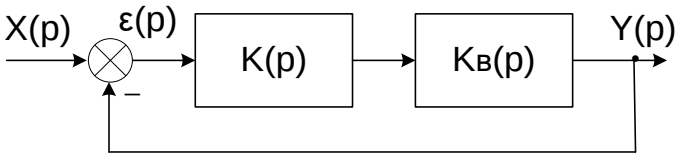


Рисунок 3 – Структурная схема корректированной системы

По аналогии с (2) можно записать

$$\begin{aligned} &20\lg K_K(\omega) = 20\lg K(\omega) + 20\lg K_B(\omega); \\ &\varphi_K(\omega) = \varphi(\omega) + \varphi_B(\omega). \end{aligned} \qquad (5)$$

Здесь $20\lg K_K(\omega)$, $\varphi_K(\omega)$ - логарифмические амплитудная и фазовая характеристики корректированной системы.

Таким образом, система с параллельной коррекцией приведена к системе с последовательной коррекцией.

На основании полученных результатов можно рекомендовать следующий порядок действия для определения передаточной функции параллельного корректирующего устройства [2].

1. Строится ЛАХ и ЛФК. разомкнутой некоррелированной системы.

2. Строится желаемая ЛАХ.

3. Строится ЛАХ звеньев, охваченных отрицательной обратной связью $L_2(\omega) = 20\lg K_2(\omega)$.

4. Строится ЛАХ петли $L_П(\omega) = 20\lg K_П(\omega)$.

5. Строится ЛАХ корректирующего устройства $L_C(\omega)$, для чего из ЛАХ петли $L_П(\omega)$ необходимо вычесть ЛАХ звеньев, охваченных отрицательной обратной связью $L_2(\omega)$.

6. Проверяется устойчивость петли обратной связи, для чего строится ЛФХ петли.

7. Строятся ЛАХ и ЛФХ корректированной системы с учетом выбранного корректирующего контура и определяются запасы устойчивости по модулю и фазе.

Список литературы

1. Гайдук А.Р. Анализ и аналитический синтез цифровых систем управления / А.Р. Гайдук. – Санкт-Петербург : «Лань», 2022. – 272 с.

2. Перепелкин, С.Р. Расчет следящих систем (частотный метод) / С.Р. Перепелкин. – Харьков : «Вища школа», 1978. – 124 с.

АНАЛИЗ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДОЗАТРАТ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Дядичко Ю.Б., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В машиностроении, как в той или иной области производства установлены конкретные правила и нормы, которым обязан следовать каждая технологическая операция. Игнорирование предписанных норм способно спровоцировать остановку важных процессов производства, снизить качество выпускаемой продукции, привести к сбою в сроках снабжения и пр.

Нормирование труда – наиболее существенный элемент управления предприятием – представляет собой сочетание способов и приёмов по вскрытию потенциальных запасов рабочего времени и принятие нормативов труда. Нормативы труда лежат в основе общепроизводственных мощностей непосредственно компании и в её структурных подразделениях. Нормы труда – основа оперативного планирования и расчёта количества персонала. Одной из существенных задач нормирования трудовой деятельности на производстве считается установление меры труда и соответствующего за него вознаграждения. Нормирование труда выполняется с помощью методов технического, а также опытно-статистического нормирования.

В настоящее время применяются стандарты, регламентирующие процедуры интегрированной логистической поддержки на всех этапах жизненного цикла изделия. Создание системы интегрированной логистической поддержки в соответствии с этими стандартами обеспечивает гарантии того, что все требования к поддержке изделия идентифицированы и регламентированы, нацелены на оптимизацию полной совместимости жизненного цикла и реализуются путем принятия эффективных решений.

В соответствии с общими методическими принципами CALS функции и возможности современной системы логической поддержки определяются наличием интегрированной информационной системы, посредством которой осуществляется информационный обмен между всеми участниками поддержки жизненного цикла [2].

Интегрированная информационная система представляющая собой совокупность распределенных баз данных, построенных на основе единой информационной модели, содержит хронологическую информацию как о конкретном экземпляре изделия, так и обо всем парке таких изделий. Одной из составляющих информационной модели является оценка трудзатрат создаваемого продукта. Проведенный анализ различных источников показал наличие сложностей с оценкой трудзатрат, особенно новых продуктов, у более 44 % предприятий [4]. Поэтому для повышения успеха реализации проектов в

машиностроении необходимо совершенствоапть методики оценивания трудозатрат.

Подробная структура функциональной схемы комплексной логистической поддержки управления машиностроительным производством представлена на рисунке 1.

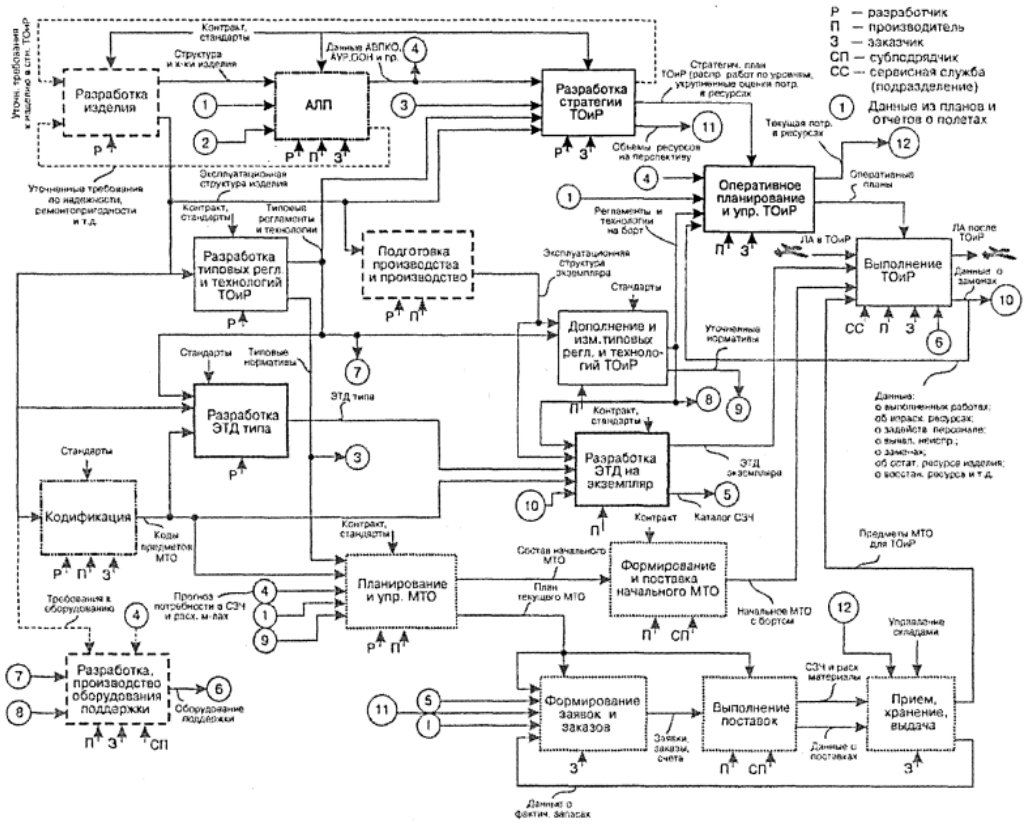


Рисунок 1 – Функциональная схема интегрированной логистической поддержки управления машиностроительным производством

Схема составлена с использованием IDEF0, согласно которой стрелки, присоединенные к левым сторонам блоков, означают входы в соответствующий процесс, к правым сторонам - выходы, кверхним сторонам - управляющие воздействия, к нижним - «механизмы», с помощью которых (или силами которых) выполняется процесс. В качестве таковых на диаграмме обозначены: разработчик (Р), производитель (П), заказчик (3), субподрядчик (СП), сервисная служба (обслуживающее подразделение) (СС). Метки, связанные со стрелками диаграммы, укрупненно отображают входные и выходные информационные и материальные потоки соответствующих процессов. На основе этой диаграммы разработана структура информационной модели.

Согласно схеме в процессе разработки изделия формируется структура изделия, т.е. его покомпонентный (поэлементный) состав, и отношения видимости, указывающие, какие элементы (системы, агрегаты, узлы, детали) входят в состав изделия непосредственно, а какие - в составе других элементов.

Иными словами, формируется древовидный граф (дерево), описывающий структуру изделия. Элементами структуры приводятся в соответствие расчетные (проектные) характеристики, определяющие свойства изделия в целом и его элементов.

Структура изделия и характеристики служат исходным материалом для АЛП. Стандартом DEF STAN 00-60 предусмотрено решение нескольких десятков задач, разбитых на шесть групп:

- анализ видов, последствий и критичности отказов;
- анализ уровней ремонта;
- анализ видов обслуживания, обеспечивающего надежность;
- расчет стоимости жизненного цикла;
- расчет потребности в запасных частях и расходных материалах;
- расчет потребности в обслуживающем и ремонтном персонале.

Предварительные результаты решения этих задач, полученные на ранних стадиях разработки, используются разработчиками при формировании эксплуатационной структуры изделия (ЭСИ) в форме уточненных требований к надежности, ремонтопригодности и т.д. ЭСИ является подмножеством исходной (конструкторской) структуры, содержащим только те элементы, которые в процессе эксплуатации нуждаются в регулярном обслуживании, периодических заменах и/или могут отказывать и требовать внеочередного (внепланового) обслуживания, замены или ремонта. Обычно в состав ЭСИ включаются все паспортизированные элементы.

На основе ЭСИ, руководствуясь требованиями стандартов, разработчик - силами специальных подразделений и сотрудников разрабатывает типовые регламенты и технологии технического обслуживания и ремонта (ТОиР) изделия, включающие в себя, в частности, типовые нормативы (потребная трудоемкость, специальности и уровни квалификации персонала, потребность в запчастях и расходных материалах для выполнения регламентных работ).

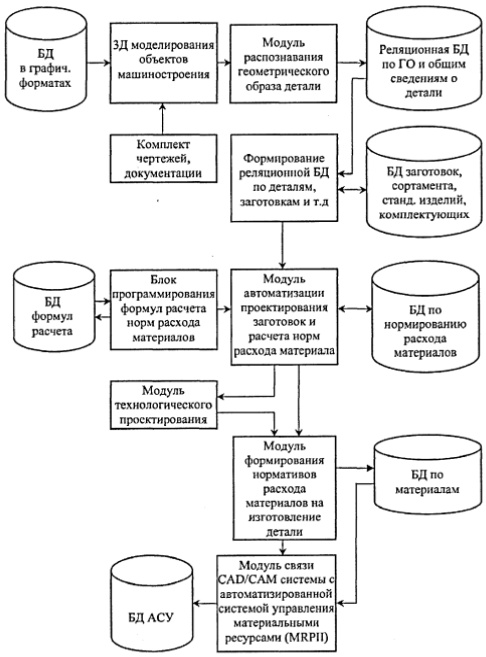


Рисунок 2 – Схема информационного взаимодействия компонентов системы управления машиностроительным предприятием

На рисунке показана схема информационного взаимодействия компонентов системы управления машиностроительным предприятием, на которой показаныкомпоненты системы управления, их взаимодействие друг с другом, а также их взаимодействие с разными базами данных.

Представленная структура взаимодействия компонентов системы правления, в основе которых лежат стандарты, позволяет регламентировать процедуры интегрированной логистической поддержки (ИЛП) на всех этапах жизненного цикла изделия. Создание системы ИЛП в соответствии с этими стандартами обеспечивает гарантии того, что все требования к поддержке изделия идентифицированы и регламентированы, нацелены на оптимизацию полной совместимости ЖЦ и реализуются путем принятия эффективных решений.

Таким образом, для повышения эффективности управления машиностроительным предприятием практическая реализация поддержки принятия решений при управлении трудовыми ресурсами производства позволит решить проблему автоматического расчета норм времени.

Список литературы

1. Висаитова, Л.Р. Системы поддержки принятия решений: эффективность принятия решений // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. 2020. №11(50) – С. 219-225.

2. Альперович, Т.А. Компьютеризированные интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Т.А. Альперович, В.В.

Барабанов, А.Н. Давыдов, С.Н. Сергеев, Е.В. Судов, Б.И. Черпаков. – М.: ВИМИ. – 1999. –512 с.

3. Лисецкий, Ю.М. СППР для выбора элементного базиса корпоративных интегрированных информационных систем / Ю.А. Лисецкий // Математические машины и системы. – Киев. 2017. – №3. – С. 23-37.

4. Кокарева, А.И. Современные проблемы оценки трудозатрат разработки веб-проектов на стадии планирования / А.И. Кокарева // Студенческие научные общества - экономике регионов. Сборник материалов Международной молодежной научной конференции. – Оренбург: ОГУ. – 2018. – С. 271-277.

5. Барило И.И., Шведенко В.Н. Программа автоматического нормирования трудозатрат на технологические процессы механической обработки / Костромское ЦНТИ, г. Кострома, 2003 г. ИЛ №38-033-03.

6. Барило И.В. Методическое иинформационное обеспечение трудозатрат в процессах обработки. Автореферат дисс. канд. техн. наук / И.В. Барило. – Кострома. КГТУ. – 2004. – 24 с.

НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ В АВИА- И ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

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

Развитие авиационной промышленности является одним из приоритетных направлений нашей страны. Главная цель государственной программы Российской Федерации состоит в удовлетворение потребностей внутрироссийских перевозок за счет авиационной техники российского производства с достижением к 2030 году долей самолетов и вертолетов российского производства в парке крупнейших российских авиаперевозчиков не менее 30 процентов и 90 процентов соответственно. К данным направлениям относятся: «Самолетостроение», «Вертолетостроение», «Авиационное двигателестроение», «Авиационные агрегаты и приборостроение», «Комплексное развитие отрасли»[1].

Рассматривая аналитические показатели социально-экономического развития Российской Федерации в рамках государственной программы Российской Федерации, мы увидим долю инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров промышленного производства в авиастроительной отрасли, рисунок 1.

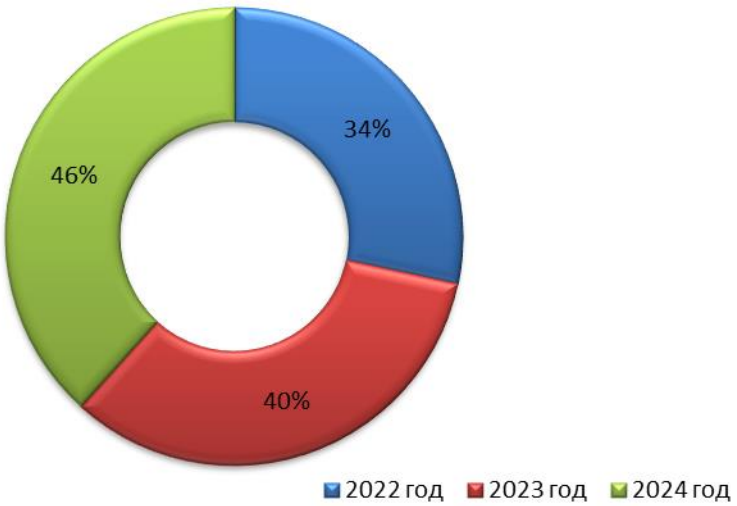


Рисунок 1 – Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров промышленного производства, выполненных работ, услуг организаций отрасли авиастроения

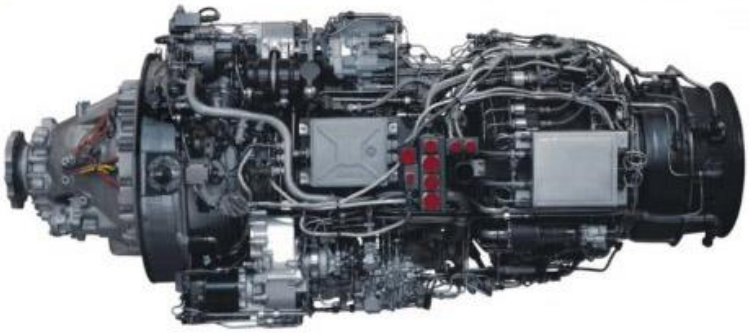
Доля организаций авиационной промышленности, осуществляющих технологические инновации, в общем количестве организаций отрасли авиастроения вырастит с 50 % до 51% [1].

Благодаря созданию новых и модернизации существующих воздушных судов отечественного производства на рынок будет выпущен модернизированный самолет Ил-114- 300, а также среднемагистральный самолета МС-21, за счет формирования складов самолетокомплектов для его производства.

Создание новых конкурентоспособных авиационных двигателей отечественного производства, например, разработан двигатель для самолета Ил-114-300. На рисунке 2 представлены основные технические характеристики двигателя ТВ7-117СТ-01[2].

ОДК КЛИМОВ

ТВ7-117СТ-01



Двигатель ТВ7-117СТ-01

Основные технические характеристики ТВ7-117СТ-01

Наименование параметра	Показатель
Взлетный режим:	
мощность (МСА+27С), л.с.	3100
Нормальный взлетный режим:	
мощность (МСА+30С), л.с.	2900
удельный расход топлива (МСА), г/л.с. час	200
Крейсерский режим:	
мощность (МСА+35°С), л.с.	2000
удельный расход топлива (СА), г/л.с. час	220
Габаритные размеры, мм:	
длина	2151
ширина	950
высота	950
Масса, кг	510

*Сухая масса двигателя по ГОСТ 17106-90 не более 510 кг.

Рисунок 2 – Основные технические характеристики двигателя ТВ7-117СТ-01

За счет модернизации двигателя для данного самолета видим что:

– форсированный двигатель ТВ7-117СТ-01 со взлетной мощностью 3100 л.с.;

– воздушный винт АВ112-114 с регулятором винта РСВ-34С-114;

– БАРК-65СМ – объединенная электронная САУ двигателя ТВ7-117СТ-01 и воздушного винта АВ-112-114 (электронный блок совмещает функции БАРК-65СТ и ЭСУ-34М);

– агрегаты топливной системы НР-65СМ, НП-65, АЗРТ-65;

– поставочная масса двигателя с узлами, агрегатами и приборами, установленными на двигатель и не входящими в его сухую массу, по ГОСТ 17106-90, не более 670 кг.

Данный двигатель обладает повышенной мощностью на взлетном и крейсерском режимах. В состав силовой установки двигателя входит новый винт АВ112-114 повышенной тяги и новая САУ с применением совмещенного модернизированного блока управления двигателем и воздушным винтом БАРК-65СМ.

Бюджетные инвестиции, по данному проекту, предоставляются на два года. По результатам их использования ОАК должна до 31 декабря 2024 года предоставить отчёт о лётно-конструкторских испытаниях двигателя ТВ7-117СТ-01 в составе самолёта Ил-114-300, акт о доработке двигателей и воздушных винтов, а также оформить извещение об изменении типовой конструкции двигателя[3].

С 26 по 28 октября 2022 года, в Москве, состоялся международный форум двигателестроения «МФД-2022». Где была представлена презентация двигателя ПД-14 для российских и зарубежных авиакомпаний. Разработкой двигателя выступили предприятия научно-производственного комплекса «Пермские моторы» (АО «ОДК-Авиадвигатель» и АО «ОДК-Пермские моторы», входящие в Объединенную двигателестроительную корпорацию Ростеха). Презентовав двигатель ПД-14, производители рассказали о планах серийного производства и организации послепродажного обеспечения[4].

Главной темой «МФД-2022» стала цифровая среда в авиационном двигателестроении, а главным событием форума - презентация ПД-14, первого в России двигателя, полностью созданного в «цифре». Это означает безбумажное 3D-проектирование конструкции, создание электронных баз данных инженерных расчетов и характеристик материалов, цифровое сопровождение производства двигателя, использование цифровых технологий при стендовых и летных испытаниях, а также при разработке эксплуатационных документов. Конструкторы, технологи, слесари-сборщики, инженеры по эксплуатации двигателя работают с электронными данными и геометрическими 3D-моделями [4].

На рисунке 3 представлен новый двигатель ПД-14.

Рисунок 3- Двигатель ПД-14

Применение аддитивных и цифровых технологий намного сокращает трудозатраты от разработки до эксплуатации авиационного двигателя. Весь процесс жизненного цикла продукта становится актуальным. По словам президента АССАД Виктора Чуйко, благодаря цифровым технологиям все необходимые испытания двигателя в небе и на земле удалось провести значительно быстрей. - Внедрение этой среды при испытаниях на стенде увеличило производительность в 4-6 раз. На летающей лаборатории производительность испытаний увеличилась в 6-9 раз, - сказал Виктор Чуйко [4].

Импортозамещение комплектующих, систем самолета, двигательных установок, разработки новых проектов, применение аддитивных технологий благотворно сказывается на авиастроительной промышленность и двигателестроении России.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 29.03.2021 N 480 "О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие авиационной промышленности"[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_381212/

2. Ил-114-300.Турбовинтовой двигатель со свободной турбиной ТВ7-117СТ-01 [Электронный ресурс] – Режим доступа: Источник контента: https://naukatehnika.com/il-114-300-dvigatel-tv7-117st-01.html naukatehnika.com

3. На доработку двигателя ТВ7-117 выделяется 158 млн рублей и два года [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://aviation21.ru/na-dorabotku-dvigatelya-tv7-117-vydelyaetsya-158-mln-rublej-i-dva-goda/

4. «К серийному производству готовы» двигатель пд-14 презентовали для авиакомпаний на международном форуме [Электронный ресурс] – Режим доступа:https://www.aviaport.ru/digest/2022/11/25/736267.html

5. Ил-114-300 – самолет есть, а двигатель?[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://dzen.ru/a/YnOO6fQw6iSwwNQf

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ

Жумашева Б.К., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Промышленное производство представляет собой сложный технологический процесс, состоящий из различающихся между собой производственно-технологических операций, осуществляемых с целью изготовления деталей и полуфабрикатов при использовании специализированного промышленного оборудования из сырья, материалов и других компонентов, а также проведение процесса сборки готовой продукции с ее последующей реализацией потребителю для удовлетворения рыночных потребностей [1].

Данное понятие в той или иной интерпретации определяется во всех словарях, и за время своего существования практически не претерпело изменений, несмотря на различие подходов при разных формах социального и государственного устройства [2]. Это свидетельствует о важности промышленного производства в развитии человеческого общества и об огромной роли, которую играет данное понятие во всех сферах жизнедеятельной человека.

Классификация современного промышленного производства приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Классификация промышленного производства по видам деятельности [3]

Вне зависимости от видов экономической деятельности любое промышленное производство должно стремится к обеспечению устойчивого развития, которое способно обеспечить достаточно стабильное существование с постепенным увеличением эффективности производственной деятельности[4].

Эффективность представляет собой процесс достижения конкретных результатов с минимизацией издержек на данный процесс [5]. Как правило, под «эффективностью предприятия» понимают именно экономическую эффективность, которая представляет собой отношение совокупного экономического эффекта к общим затратам на достижение полученного результата[6]. Критерием эффективности, при этом, является какой-либо экономический показатель, наиболее часто в этом качестве используются прибыль (абсолютный критерий) или рентабельность (относительный критерий).

Однако промышленное производство может иметь и другие критерии эффективности, характеризующие именно цикл производственного процесса и не противоречащие экономической эффективности. Прибыльность промышленного предприятия формируется из выручки от продаж, напрямую зависящей от чистого абсолютного выпуска продукции и расходов (издержек), снижение которых увеличивает эффективность на каждую произведенную единицу продукции. Причем, как правило, задаваясь вопросами повышения эффективности исследователи сосредотачиваются именно на издержках предприятия, так как выпуск продукции ограничен применяющейся бизнес-моделью предприятия, а также количеством и составом наличного оборудования.

Из сказанного следует, что любое изменение составляющих издержек промышленного предприятия оказывает влияние на эффективность производственной деятельности. Такими составляющими являются:

- цена на ресурсы, сырье, материалы;
- время изготовления единицы продукции;
- размер непроизводственных и прочих расходов [6].

Повышение эффективности производственного процесса представляет собой важнейший рычаг давления, применение которого предваряет свершение изменений как в совокупной системе управления производством, так и в системе планирования и контроля производством [7]. В этой связи разработка и внедрение мероприятий, обеспечивающих рост эффективности производственных процессов является ключевой задачей для любого промышленного предприятия.

В настоящее время наиболее перспективной концепцией, объединяющей в себе оценку и анализ эффективности производства с учетом разнообразных, в том числе слабосвязанных факторов, и дающей оптимальное, математически обоснованное решение является методы бережливого производства и, в частности, карта потока создания ценности.

Карта потока создания ценности представляет собой концепцию производственного процесса как непрерывного потока создания определенной ценности для потребителя продукции предприятия. Поток ценности представляет собой итоговые результаты выполнения различных материальных и нематериальных операций, направляемые от одной операции к другой [8].

В настоящее время, концепция «бережливого производства» в нашей стране развита недостаточно хорошо, однако примеры его использования все чаще появляются в различных научных и научно-технических трудах.

Авторы в своей работе [9] приводят классификацию и рассматривают ключевые характеристики основных инструментов «бережливого производства», в том числе кайдзен, 5С и всеобщего обслуживания оборудования.

В работе [10] находит отображение применение инструментов «бережливого производства» в розничной торговле. При этом упор сделан на применение ряда вспомогательных инструментов – ABC-анализ, схему Исикавы и других. Также автор предлагает пробную версию циклограмм сотрудников предприятия, что отличает указанные подход от большинства других.

Авторы работы [11] рассматривают возможности применения ЛИН-технологий и ERP решений в консультативной поликлинике и приводят результаты, которые демонстрируют эффективность подобного подхода: увеличение выручки, прибыли, снижение издержек.

Автор работы [12] на основе концепции «бережливого производства», при использовании различных инструментов концепции строит стратегию долгосрочного развития компании.

Значительная часть трудов, затрагивающих построение систем бережливого производства носит чисто теоретический характер. Например, в работе весьма подробно раскрыт процесс создания системы обслуживания оборудования, с целью постоянного улучшения деятельности организации.

В исследовании [13] особое внимание уделяется работе системы менеджмента, с целью непрерывного улучшения производственного процесса, как отдельного этапа построения системы бережливого производства на отдельно взятом предприятии.

Автор работы [14] реализует концепцию «бережливого производства» применительно к конкретному продукту. Для этого автор описывает основные аспекты ЛИН-технологий, последовательное выполнение которых возможно, во многом, с применением карты потока.

В работе [15] авторы проводят обзор достаточно большого количества инструментов «бережливого производства», выявляя при этом некоторые их недостатки или же неточности в применении. Наличие данных недостатков оборачиваются тем, что на предприятии не решаются основные производственные проблемы, на решение которых и были направлены данные инструменты. Решение авторы видят в использовании КПСЦ, как единой

системы отображения всего производственного процесс предприятия. Далее авторы составляют карту потока создания ценностей для конкретного предприятия, не используя при этом стандартные обозначения КПСЦ. Использование данного инструмента позволило сократить общую продолжительность процесса производства в 6,5 раз, увеличив ценность потока в 5,7 раз.

Таким образом, необходимо отметить, что для достижения эффективности и оптимальности производства в настоящее время разработана концепция «бережливого производства», которая позволяет учесть множественные факторы, влияющие на предприятия и предложить методику их изменения таким образом, чтобы показатели эффективности увеличивались. Системы бережливого производства в своем составе имеют множество методов, однако одним из наиболее перспективных является метод построения карт потока создания ценности.

Список литературы

1. Измайлов, М. К. Проблемы управления процессом производства при различных типах производства на отечественных и зарубежных крупных промышленных предприятиях / М. К. Измайлов // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2020. – № 3(27). – С. 28-33.

2. Акимов, С. С. Производственные процессы в карте потока создания ценностей / С. С. Акимов, В. А. Трипкош // Актуальные проблемы экономической деятельности и образования в современных условиях : Сборник научных трудов Тринадцатой Международной научно-практической конференции, Оренбург, 25 апреля 2018 года. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-инновационный центр", 2018. – С. 235-239.

3. Волкова, Ю. А. Интеграция промышленных предприятий в Республике Беларусь: выбор форм и оценка эффективности / Ю. А. Волкова. – Гомель : Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2019. – 272 с.

4. 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.

5. 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.

6. Варламова, Д. В. Современные методы сокращения издержек в условиях управления качеством / Д. В. Варламова, В. Б. Филатова, А. А.

Скородумова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 5-1. – С. 27-34.

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. Асаул, А. Н. Теоретические основы формирования промышленной политики / А. Н. Асаул [и др.]. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2015. – 462 с.

9. Жумашева, Б. К. Анализ технологических маршрутов на основе проектирования карт потока создания ценности / Б. К. Жумашева, А. И. Сердюк, 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. 102-105.

10. Зоидов, К. Х. Информационный подход к моделированию оценки эффективности управления экономической безопасностью промышленных предприятий Российской Федерации / К. Х. Зоидов, Н. Г. Черненко, Е. Н., Зименкова. – Москва : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем рынка Российской академии наук, 2019. – 142 с.

11. Акимов, С. С. Построение карт потока создания ценности на основе онтологического подхода / С. С. Акимов, Б. К. Жумашева // Онтология проектирования. – 2022. – Т. 12. – № 3(45). – С. 405-417.

12. Михайлов, Д.В. Методика внедрения бережливого производства и процессного подхода силами организации / Д.В. Михайлов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 1(84). – С. 144-147.

13. Вафин, А.Ю.LEAN и ERP решения в учреждениях здравоохранения. / А.Ю. Вафин,Г.Ф. Мингалеев,Р.Ф. Гайфуллин,Х.И. Фаттахов,Д.О. Рощин // В сборнике: Сборник научных трудов Всероссийской медицинской научно-практической конференции «Развитие российского здравоохранения на современном этапе», Мурманск,28-29 марта 2013 г. – Мурманск: Закрытое акционерное общество "Нетсл Консалтинг", 2013. – С. 13-20.

14. Жумашева, Б. К. Алгоритм реализации карты потока создания ценности / Б. К. Жумашева, С. С. Акимов, А. И. Сердюк // 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. 1532-1535.

15. Панина, Ф.Ю. Построение карты потока создания ценности в системе «бережливого производства»: практический подход / Ф.Ю. Панина, Л.А. Федоськина // Системное управление. – 2011. – № 4(13). – С. 19-25.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА АО «КумАПП»

Загидуллина А.У.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Большой и растущий спрос на промышленную воду заставляет ученых и экспертов искать различные пути решения проблемы, такие как сокращение использования чистой пресной воды для промышленных целей, повторное использование технологической воды и промышленных сточных вод, а также использование очищенных сточных вод в замкнутом водном цикле.

В связи с напряженной ситуацией с водными ресурсами в Республике Башкортостан планируется сокращение промышленного водопотребления. Многие компании планируют экономить водные ресурсы, переходя на максимальное использование оборотной воды и последовательную подачу воды. В связи с крайне низкой доступностью воды в бассейне реки Урал многие компании планируют перейти на замкнутый цикл водопользования.

АО «КумАПП» является современным высокотехнологичным предприятием, основными видами деятельности которого является:

- разработка, производство, ресурсные и периодические испытания, гарантийное и техническое обслуживание, ремонт, реализация авиационной техники;
- разработка, производство, ремонт, реализация вооружения и военной техники;
- производство, реализация продукции производственно-технического назначения;
-эксплуатация взрывоопасных, пожароопасных, химически опасных производственных объектов.

Деятельность предприятия машиностроительной отрасли не может быть свободной от отходов, и связана с загрязнением естественных водоемов. Гальванические покрытия используются на АО «КумАПП» для защиты деталей от коррозии и придания им новых функциональных свойств, таких как повышенная твердость поверхности, износостойкость и стойкость к истиранию.

Процесс гальванизации осуществляется в ваннах различного размера, который зависит от размера детали, маленькие детали помещают в наливные колокольного типа [1].

Предотвращение загрязнения воды промышленными сточными водами тесно связано с развитием систем очистки промышленных сточных вод. Наиболее рациональным способом достижения этой цели является разработка локальных систем очистки с извлечением особых компонентов и использованием очищенных сточных вод в оборотном цикле.

Для того, чтобы произвести очистку сточных вод гальванического производства на АО «КумАПП» применяют реагентный метод, основанный на восстановлении шестивалентного хрома в трехвалентную форму раствором сульфата железа и осаждением трехвалентного хрома и железа в виде гидроокисей раствором гашеной извести.

Для выполнения работ по очистке используются:

- железный купорос;
- известь гашенная;
- раствор кислоты (серной, соляной, азотной).

Для выполнения технологических операций по очистке сточных вод используется следующее оборудование:

- усреднитель;
- реактор;
- отстойник из двух секций;
- бак для известкового молока;
- баки для раствора железного купороса;
- электронагреватель для подогрева воды;
- расходомер воды;
- емкость с раствором кислоты;
- мешалка для перемешивания.

Аппаратчик очистки сточных вод определяет и устанавливает концентрацию хрома и pH до и после очистки каждый час, данные заносятся в журнал контроля качества сточных вод. В зависимости от, того содержится ли хром в поступившей воде и фактического расхода воды, аппаратчик определяет и устанавливает величину подачи 10% раствора железного купороса. Раствор подается в камеру реакции, включается мешалка для перемешивания реагента с водой. После определения и установки расхода железного купороса аппаратчик определяет расход известкового молока, который подается в смесительную камеру.

Дозирование технологических растворов производится увеличением или уменьшением степени открытия запорных вентилей на емкостях технологических растворов и контроля фактического расхода раствора по показателям уровнемеров, установленных на емкостях. Контроль фактического расхода раствора осуществляется аппаратчиком каждые 10 - 15 минут.

Хромосодержащие стоки самотеком поступают в усреднитель (объем 32 м3) для усреднения состава сточных вод, которые поступили на очистку. Из усреднителя сточные воды поступают в камеру реакции (объем 11 м3), в которую поступает водный раствор сульфата железа. Время пребывания сточной воды в камере реакции до получаса.

Из камеры реакции сточная вода поступает в смеситель, в которой дозируется рабочий раствор извести. Продолжительность нахождения сточной воды в смесителе до 15 минут. Из смесителя, сточная вода направляется в отстойник емкостью 54 м3 , состоящей из рабочей и резервной секции.

Отстойник предназначен для осаждения нерастворимых продуктов, образовавшихся после реагентной обработки воды рабочими растворами. Время осаждения продуктов реакции в отстойнике 1-2 часа. По мере накопления осадка отстойник подвергается чистке.

Анализ технологического процесса очистки сточных вод при производстве гальванических изделий показывает низкий уровень автоматизации и контроля производственного процесса и отсутствие приборов и методов оценки качества сырья и готовой продукции.

По технической оснащенности система локальной очистки сточной воды на АО «КумАПП» устарела, здесь используют несовершенные технику и технологии. Многие операции производственного процесса не автоматизированы, что не позволяет вести точный контроль химического анализа воды. Попадание шестивалентного хрома в организм человека через воду вызывает различные формы рака, нарушение дыхания. При существующей технологии необходимо отметить низкую производительность установки. Аппаратчик должен постоянно следить не только за составом и количеством сточных вод, но и вести работу по подготовке растворов железа и известкового молока.

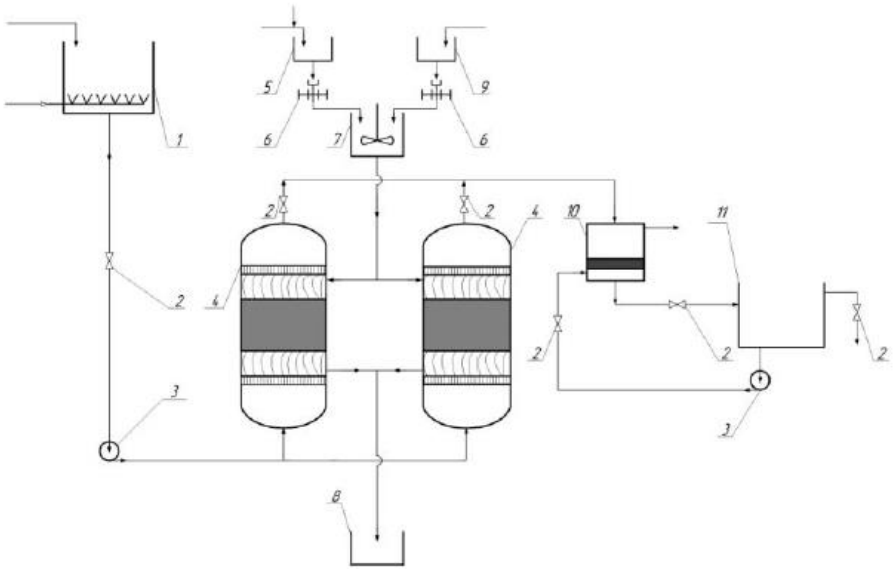
Существующая система управления технологического процесса очистки основана на использовании релейно – контактной аппаратуры. Отсутствует автоматический контроль уровня воды в емкостях, не автоматизирована система управления компрессора, отсутствует АРМ оператора, что создает не комфортные условия труда обслуживающего персонала.

Среди существующих методов очистки воды наибольшим преимуществом пользуется ионообменный метод, который позволяет произвести очистку сточных вод от химических соединений и осуществлять сброс воды в естественные водоемы без нарушения экологической обстановки региона.

Схема очистки промышленных вод с использованием метода ионного обмена с фильтром непрерывного действия представлена на рисунке 1.

Схема включает приемный резервуар-усреднитель 1, два сорбционно-ионообменных фильтра 4, работающих параллельно, механический фильтр 10, узел приготовления загрузки и приемную емкость (5,7,9).

Адсорбционный и ионообменный фильтр состоит из непрерывного слоя адсорбента диаметром 0,6 м и резервуара для сбора отходов адсорбента диаметром 0,6 м взвешенных частиц, выделенных из исходного раствора. Вода подается со дна ионообменного фильтра и проходит через слой бентонитовой глины с опилками. Адсорбент готовится в емкости для подготовки адсорбента и подается на ионообменный фильтр партиями по 0,5 м3.Там он свободно погружается в восходящий поток выщелачивающей воды и передается в резервуар для сбора отходов адсорбента. Водоочистная станция занимает площадь около 36 м2. 0,2% от потребления очищенной воды.

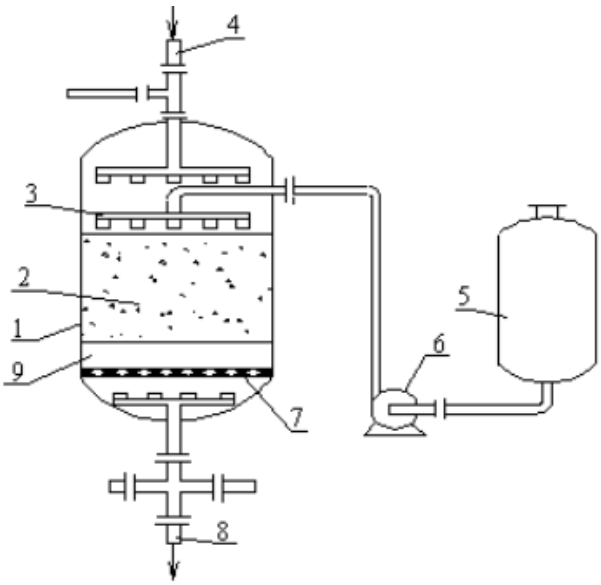


1 – усреднитель; 2 – вентиль;3 – насос;4 – ионообменный фильтр; 5 – емкость сбора опилок; 6 – ковшовый дозатор; 7 – емкость приготовления сорбента; 8 – емкость сбора отработанного сорбента; 9 – емкость сбора бентонитовой глины; 10 – механо-сорбционный фильтр; 11 – емкость сбора фильтрата.

Рисунок 1 - Схема по очистке промышленных вод

Фильтры непрерывного действия характеризуются тем, что все процессы водоподготовки проводятся одновременно, каждый в своем аппарате. Ионообменная смола перетекает из одного блока в другой. Тип и размеры каждого аппарата оптимизированы для конкретного процесса.

Фильтры непрерывного действия бывают со сплошным и псевдоожиженным слоем сорбента. В аппаратах со сплошным слоем раствор и сорбент подается в реакционную зону и выводится по очереди, порционно. Частота перемещения сорбента зависит от содержания компонента в растворе. Для менее концентрированных растворов соотношение расходов раствора и ионообменной смолы может составлять десятки и сотни раз. Колонны с псевдоожиженным слоем используют специальные распределительные тарелки и низкочастотную, около 1 Гц, пульсацию, т.е. вертикальные колебания раствора. Тарелки и пульсация обеспечивают высокую интенсивность массообмена и равномерное распределение фаз по сечению даже очень крупных аппаратов. Такие колонны применяются для регенерации и отмывки ионообменных смол от регенерирующего раствора. Колонны с так называемой транспортной пульсацией наиболее эффективны для процессов переработки мало концентрированных растворов, в том числе при наличии механических взвесей.



1 – корпус аппарата; 2 – ионит; 3 – распределитель регенерирующего раствора; 4 – ввод сточной воды; 5 – бак с регенерирующим раствором; 6 – насос; 7 – опорная решетка; выход очищенной воды; 8 – гравий.

Рисунок 2 - Схема ионообменной установки периодического действия

Для очистки воды используются фильтры со сплошным слоем ионитов, для отмывки ионообменных смол от взвеси и регенератов – с псевдоожиженным. Регенерация смолы может осуществляться и в сплошном, и в псевдоожиженном слое. Все фильтры работают непрерывно с противоточным движением фаз.

Установки водоподготовки такого типа имеют существенно более высокие показатели, чем фильтры периодического действия (рисунок 2): удельная производительность (скорость раствора) может достигать 50-70 $м^{3}\cdot ч^{-1}$, единовременная загрузка ионообменной смолы сокращается в 5-15 раз, а объем регенератов в 1,5-2,5 раза. Они сложнее периодических, требуют использования автоматики и управляемых вентилей. Их целесообразно использовать при производительности более 30-50 $м^{3}\cdot ч^{-1}$ в экологически чистых технологиях водоподготовки, когда регенераты подвергаются дальнейшей переработке.

Ионный обмен в большинстве случаев является обратимым. Реакция проходит до установления ионообменного равновесия. Скорость установления равновесия зависит от многих факторов: скорости пропускания очищаемой воды через слой ионита, концентрации ионов, структуры зерен и физических свойств ионита и др. При соприкосновении ионитов с водой происходит их набухание, объем ионитов при этом увеличивается в 1,2-2 раза. Степень набухания зависит от химического строения смолы, состава раствора. Набухание влияет на скорость и полноту ионного обмена ионов, а также на селективность ионита. В целях повышения селективности ионитов к определенным металлам в состав смолы вводят вещества, способные образовывать с ионами металлов комплексные соединения [3].

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. Ногих В.Р., Бессонов Ю.В. Мембранный биореактор в очистке сточных вод //Экология производства. 2010. №10 С. 16-19.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

Последнее десятилетие XX века характеризовалось широкой компьютеризацией всех видов человеческой деятельности. В условиях рыночной экономики конкурентную борьбу успешно выдерживают только предприятия, применяющие в своей деятельности современные информационные технологии (ИТ). Именно ИТ, наряду с прогрессивными технологиями материального производства, позволяют существенно улучшить качество производственных процессов и продукции и, в то же время, значительно сократить сроки изготовления конкурентоспособных изделий, что в легкой промышленности в связи с изменчивостью моды имеет первостепенное значение [1].

ИТ – это технологии, связанные с цифровым управлением, а также аппаратным и программным обеспечением, и коммуникациями. В современном мире информационные технологии играют огромную роль в промышленности. ИТ включают в себя управление данными, будь то текст, голос, изображение, аудио и т.д. Информационные технологии используются для создания, хранения или манипулирования информацией [2-3].

Большое распространение получает идея CALS, сформировавшаяся в целое направление в области ИТ. CALS–подход реализуется в виде интегрированной информационной среды (ИИС), поддерживающей все этапы жизненного цикла (ЖЦ) выпускаемой продукции. Типовая компьютерная CALS–система может быть реализована в виде набора модулей, соответствующих основным этапам ЖЦ продукции [4].

Роль информационных технологий в промышленности индивидуальна в разных отраслях. Это помогает в каждой отрасли управлять своими данными, а также выполнять специфические требования. Информационные технологии помогают в промышленности повысить степень автоматизации производственных процессов [5].

ИТ способствует повышению прибыли от всех инвестиций. ИТ–индустрия теперь предлагает индивидуальные решения для отрасли с требуемой пропускной способностью для внедрения инноваций в различные бизнес-модели, что помогает отрасли совершенствоваться.

Роль информационных технологий в бизнесе

С точки зрения экономики бизнеса информационные технологии являются инструментом реорганизации и улучшения деятельности компаний и

бизнес-сетей. Здесь информационные технологии меняют рыночные структуры, что ставит множество задач, новых даже для теории. В науке об информационных системах год от года увеличивается количество исследований различных применений информационных технологий к потребностям людей, организаций и общества.

Сегодня ИТ технологии помогают организациям, менеджерам и руководящим работникам повышать эффективность управления, производительность производственных процессов и качество выпускаемой продукции [6].

Информационные технологии помогают посредством коммуникации, управления запасами, управления взаимоотношениями с клиентами и т.д.

Коммуникация играет важную роль в поддержании отношений между сотрудниками, поставщиками и клиентами. Использование здесь ИТ-технологий может упростить способ общения через электронную почту, видео чаты или сайты социальных сетей. Это очень полезно для бизнеса.

Организации вынуждены поддерживать достаточный запас материалов, чтобы удовлетворить спрос, но при этом не финансировать больше, чем им нужно. Системы управления запасами контролируют количество каждого товара, поддерживают в порядке склад, используя методы управления запасами.

Определение приоритетности всех переменных технологических потребностей, с которыми сталкивается бизнес в наши дни, другая важная задачей. Решение проблем, связанных с нею, может быть хорошим подспорьем промышленности, как и предвидение любых потенциальных ошибок, которые могут возникнуть. В наши дни ведение электронных записей имеет решающее значение для любого бизнеса.

Что включает в себя информационная технология?

ИТ-отдел следит за тем, чтобы все системы, сети, данные и приложения организации подключались и функционировали должным образом. ИТ–команда занимается тремя основными направлениями:

– развертывает и поддерживает бизнес-приложения, службы и инфраструктуру (серверы, сети, хранилища);

– отслеживает, оптимизирует и устраняет неполадки в работе приложений сервисов и инфраструктуры;

– контролирует безопасность и управление приложениями, службами и инфраструктурой.

Большинство ИТ–специалистов имеют разные обязанности в команде, которые разбиты на несколько ключевых областей, например:

Администраторы занимаются повседневным развертыванием, эксплуатацией и мониторингом ИТ–среды, включая системы, сети и приложения. Администраторы часто выполняют ряд других обязанностей, таких как обновление программного обеспечения, обучение пользователей,

управление лицензиями на программное обеспечение и наблюдение за соблюдением бизнес-процессов и соблюдением требований.

Сотрудники службы поддержки специализируются на ответах на вопросы, сборе информации и руководстве действиями по устранению неполадок аппаратного и программного обеспечения. ИТ–поддержка часто включает в себя управление ИТ–активами и изменениями, помощь администраторам в закупках, резервное копирование и восстановление данных и приложений, мониторинг и анализ журналов и других инструментов мониторинга производительности, а также соблюдение установленных рабочих процессов и процессов поддержки.

Предприятия полагаются на определенное программное обеспечение для выполнения работы. Некоторые приложения приобретаются и развертываются у третьих сторон, например, приложения сервера электронной почты. Но многие организации сохраняют штат квалифицированных разработчиков, которые создают приложения и интерфейсы, такие как API, необходимые для предоставления критически важных бизнес–функций и услуг. Приложения могут быть закодированы на широком спектре популярных языков и интегрированы с другими приложениями для обеспечения плавного взаимодействия между различными приложениями. Разработчикам также может быть поручено создание интерактивных бизнес–сайтов и мобильных приложений. Тенденция к гибкой или непрерывной парадигме разработки требует от разработчиков все более активного участия в ИТ–операциях.

Лицензионное соглашение. Предприятия обязаны соблюдать различные нормативные требования правительства и отрасли. ИТ– персонал играет важную роль в обеспечении безопасности и мониторинге доступа к бизнес-данным и приложениям, чтобы гарантировать, что такие ресурсы используются в соответствии с установленной политикой управления бизнесом, которая соответствует нормативным требованиям. Соответствующие сотрудники глубоко вовлечены в задачи безопасности и регулярно взаимодействуют с юридическими и бизнес-группами для предотвращения, обнаружения, расследования и сообщения о возможных нарушениях.

Преимущества ИТ

С внедрением цифровых и компьютерных технологий упрощаются и ускоряются многие процедуры проектирования и производства одежды на предприятиях: физическими параметрами оборудования можно управлять удаленно при помощи смартфона или планшета. Как результат, часть рутинной работы теперь выполняют автоматизированные системы. Они работают быстрее и надежнее, чем люди, и это во многом решает проблему дефицита кадров, которую отечественный легкая промышленность испытывает особенно остро [7].

В бизнесе люди ищут способы выполнить много работы за короткое время. И это достижимо исключительно за счет развития информационных

технологий. Быстрая связь, электронное хранение и, следовательно, защита данных приносят пользу предприятию.

Поскольку область применения информационных систем расширяется, предприятию выгодно увеличивать уровень применения информационных технологий. Информационные технологии создают электронные системы хранения для защиты ценных записей компании. Безопасное ведение файлов клиентов имеет важное значение для целостности бизнеса. Важным становится набор инструментов, процессов и методологий, используемых для сбора, обработки.

ИТ играет важную роль на предприятии. Владельцам производственных компаний легкой промышленности следует обратить внимание на внедрение новых технологий, в том числе и информационных. Благодаря этому, предприятие будет расти и совершенствоваться.

Список литературы

1. Гомелько Т.В. Проблемы развития легкой промышленности в современной РОССИИ / Т.В. Гомелько, Ю.А. Бортник, М.А. Овсянникова — Экономика и управление, 2020. — 69 с.

2. Дедажанов Б.Н. Роль информационных технологий в развитии предпринимательских навыков / Б.Н. Дедажанов, Ф.И. Эргашева // Экономика и социум, 2021. — 543 с.

3. Морозов Р.В. Разработка концепции smart-предприятия как инновационной тенденции в цифровизации легкой промышленности / Р.В. Морозов, И.С. Белясов // Журнал исследований по управлению. — 2021. — Т. 7. — № 1. — С. 15—29.

4. Истомина Е.А. Оценка трендов цифровизации в промышленности /Е.А. Истомина // Вестник Челябинского государственного университета. — 2018. — № 12 — С. 108—116.

5. Пищухин А.М., Пищухина О.А. Анализ средств автоматизированного контроля дефектов тканых полотен /А.М. Пищухин , О.А. Пищухина//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2018. — № 6. — С. 44—47.

6. Коршунова Т.И. Метасистемный подход к изготовлению тканей и контролю их качества / Т.И.Коршунова, А.М. Пищухин //Контроль. Диагностика. — 2003. — № 8. —С. 45.

7. Pishchukhin A.M. The Formation Abstract Representations in the Product Quality Management / A.M.Pishchukhin, G.F. Akhmedyanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, — 2020. Vol. 459, — P. 6—9

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Исмаилов Ж.А.о, Никитин И.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение

В настоящее время ракеты активно используются в военном деле и в научных космических программах, но, не смотря на такую распространенность, стоимость полета боевой ракеты или запуска ракеты-носителя в космос остается довольно высокой. Инженеры разных стран мира разрабатывают принципиально новые схемы ракетных двигателей, которые были бы способны выдавать лучшие характеристики при меньших затратах. В данной статье рассмотрены принципиально новые схемы двигателей для ракетной техники и проведена оценка их эффективности.

1. Детонационные двигатели

За 2022 год в мире было произведено 163 запуска космических ракет, из них 71 запуск совершили США, 53 запуска совершил Китай и 21 запуск совершила Россия. При этом, на сегодняшний день, отправка на орбиту 1 кг полезного груза транспортным кораблем составляет примерно от 1 до 1,5 млн. рублей. Неудивительно, что конструкторы многих стран пытаются создать новые типы ракетных двигателей, способные существенно снизить стоимость полетов. В России также активно ведутся разработки в данном направлении. Например, компаниями АО «НПО Энергомаш» и ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение» ведутся разработки детонационных ЖРД. Рассмотрим этот тип двигателей подробнее.

В камерах сгорания современных ракетных двигателей происходит равномерное дозвуковое горение топливной смеси с поддержанием постоянного давления. Такое горение, при котором фронт реакции распространяется с дозвуковой скоростью, называют дефлаграционным.

Совершенно иной принцип горения применяется в детонационных двигателях. В двигателях данного типа топливо окисляется ударной волной и перемещается по камере сгорания со сверхзвуковыми скоростями, образуя ударную волну, от чего данный тип двигателей и получил своё название. Принципиальная схема детонационного ЖРД представлена на рисунке 1. Подобное горение обеспечивает повышенную тягу и лучшее сгорание топливной смеси, по сравнению с дефлаграционным.

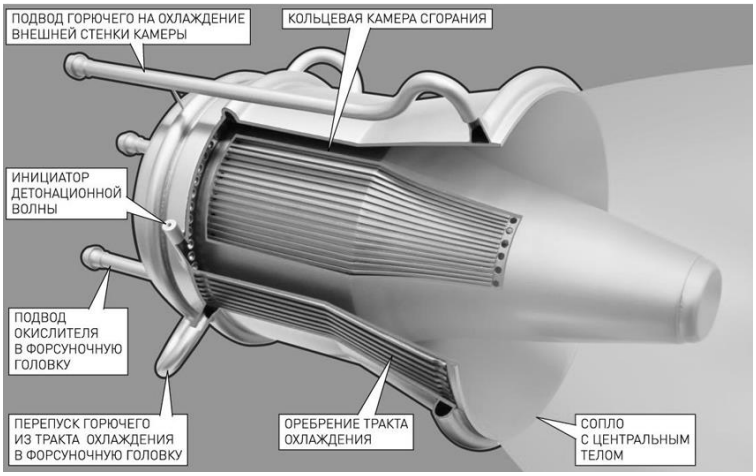


Рисунок 1 – Детонационный жидкостный ракетный двигатель

Конструктивно детонационный двигатель не сложнее ПВРД или ЖРД. Он состоит из камеры сгорания, соплового аппарата и средств подачи топлива и окисления. После подвода форсунками в камеру сгорания топливной смеси происходит воспламенение, которое за счет правильного подбора компонентов топлива и конфигурации камеры образуется ударная волна, движущаяся в направлении сопла двигателя.

Существует две основные схемы детонационного двигателя:

1) Импульсный детонационный двигатель (ИДД) – предполагает пульсирующий принцип работы двигателя. Т.е. после детонации и выхода реактивных газов камера сгорания продувается, вновь наполняясь топливной смесью, после чего вновь происходит детонация.

2) Спиновый (или «вращающийся») детонационный двигатель. В таком двигателе используется кольцевая камера сгорания, в которой топливная смесь подаётся через топливные каналы, расположенные радиально. В этом двигателе детонационная волна не затухает как в ИДД, она огибает по кругу всю камеру сгорания, при этом топливная смесь за ней успевает полностью обновиться до прохождения волной всего круга. В России уже были проведены испытания прототипа подобного двигателя, частота его спиновой детонации составила 20 килогерц, то есть за одну секунду детонационная волна успевает «обежать» кольцевую камеру сгорания 20 тысяч раз.

Детонационные двигатели способны выдавать большую тягу при меньших расходах топлива и меньшей массе конструкции, по сравнению с существующими ПВРД и ЖРД[4]. Благодаря своей мощности и экономичности такие двигатели позволят снизить необходимые объёмы топлива и окислителя для ракет – носителей или же существенно увеличить их дальность полета при той же массе.

Кроме того, детонационные двигатели могли бы быть использованы и в гиперзвуковых ЛА[5]. При гиперзвуковой скорости полета поступающий в двигатель воздух необходимо затормозить до звукового режима. Однако

энергия торможения должна приводить к дополнительным тепловым нагрузкам на планер. В детонационных двигателях скорость горения топлива достигает, как минимум, М=2,5. Благодаря этому появляется возможность повысить скорость полета летательного аппарата.

2. Электрореактивные двигатели

Основными направлениями развития КА являются увеличение их срока активного существования (САС), оптимизация массы полезной нагрузки, энерговооруженности и тяговооруженности, повышение надежности. Одно из перспективных направлений для решения поставленных задач - широкое внедрение ДУ на основе ЭРД

Принцип работы ЭРД основан на преобразовании электрической энергии в кинетическую энергию истечения ионизированного рабочего тела. ЭРД делят на 4 основные группы:

1) Электротермические (с газодинамическим ускорением рабочего тела), которые делятся на электронагревные и электродуговые, рисунок 2;

В электротермических двигателях электроэнергия служит лишь для подогрева рабочего тела, а его ускорение осуществляется так же, как и в обычных химических ракетных двигателях, т. е. путем расширения нагретого рабочего тела в газодинамическом сопле.

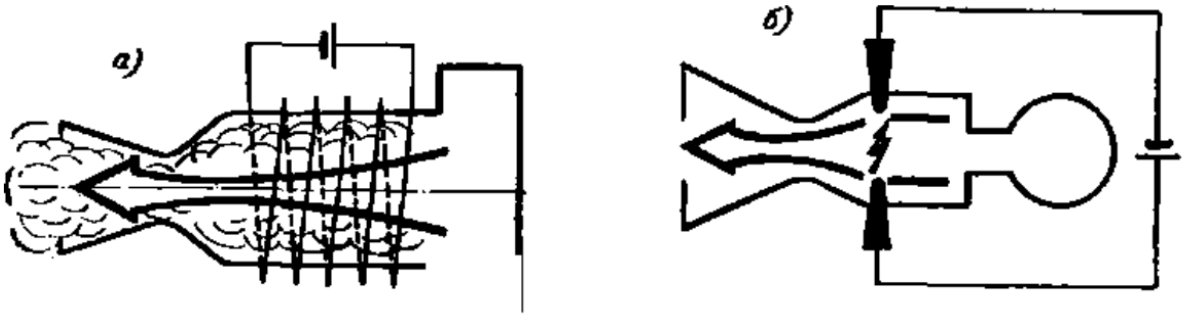


Рисунок 2 – Электротермические двигатели: а - схема электронагревного двигателя; б - схема электродугового двигателя

В электронагревных двигателях организован косвенный нагрев рабочего тела, а в электродуговых источником тепла служит дуговой разряд, зажигаемый в парах рабочего тела.

2) Электростатические, которые делятся на плазменные (или холловские), и ионные, рисунок 3;

Работа электростатических ракетных двигателей сводится к ускорению заряженных частиц одного знака электрическим полем. Наиболее перспективными вариантами этих двигателей являются ионные двигатели, в которых ускоряются положительно заряженные ионы рабочего тела в виде газа. Существуют также схемы электростатических двигателей, в которых вместо

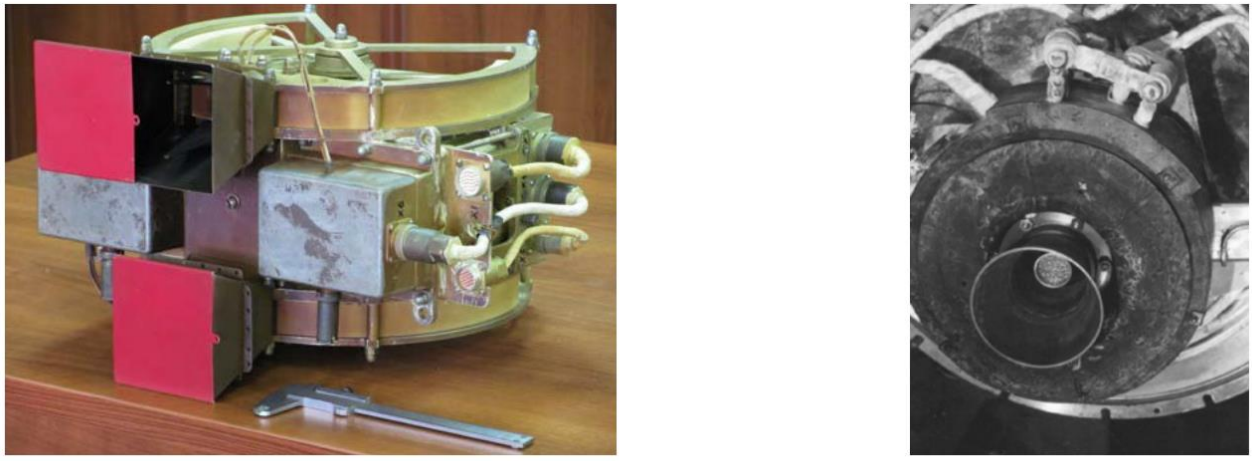
ионов ускоряются мелкие (порядка микрона и меньше) заряженные капли жидкости или пылинки. Такие двигатели получили название коллоидных.

а *б* *в*

Рисунок 3 –Электростатические ЭРД: а – плазменный ЭРД СПД-50М; б – плазменный ЭРД Плас-34; в – ионный ЭРД ИД–300.

3) Импульсные (ускорение рабочего тела также вызывается действием газодинамических сил, однако газообразование рабочего тела из твердого или жидкого состояния происходит под действием электрической разрядной дуги), рисунок 4, а;

4) Магнитоплазмодинамические или магнитоплазменные (частицы рабочего тела ускоряются под действием магнитного поля), рисунок 4, б.



а *б*

Рисунок 4 – ЭРДУ импульсного и магнитоплазмодинамического типов:
а – импульсный двигатель АИПД-45-2; б – МПДД разработки МАИ, мощностью 200 кВт

Среди всех существующих на сегодняшний день типов реактивных двигателей лидирующее место по величине удельного импульса занимают электрореактивные двигатели (ЭРД) [1]. Их принцип работы основан на преобразовании электрической энергии в кинетическую энергию истечения ионизированного рабочего тела [2]. ЭРД применяются в качестве двигателей системы коррекции космических аппаратов. Использование ЭРД в системе ориентации возможно, но малая тяга, присущая этому типу реактивных двигателей, делает процесс управления ориентацией КА сложным, а организацию режимов обеспечения живучести КА, из-за большого энергопотребления ЭРД, практически невозможной.

Список литературы

1. Ханфар А. Перспективы использования электрореактивных двигателей в космической отрасли России // Успехи современной науки и образования. 2017. № 4 (4). С. 193–196.

2. Горшков О. А., Муравлев В. А., Шагайда А. А. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов. М. : Машиностроение, 2008. 280 с.

3. Егорычев В. С. Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей : электрон. учеб. пособие. Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011.

4.Кореньков, В. В. Оценка параметров дозвукового проточного пульсирующего детонационного двигателя / В. В. Кореньков, С. А. Пахомов // Химическая физика, 2003. - Т. 22, ■ 8. - С. 80-84. - Библиогр.: с. 84 (5 назв.).

5. Назаров В. Ю., Журавлев М. В., Краев Е. М. Ракетные двигатели космических аппаратов : учеб. пособие. Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2015. 200 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТОК ИМПУЛЬСНОГО ДЕТОНАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

Импульсный детонационный двигатель (ИДД) – это новый тип двигательной установки с преимуществами тепловой эффективности, более высокой импульсной тяги и простотой механической конструкции. Исследователи из различных институтов также предполагают, что ИДД обладает потенциалом для приведения в действие самолетов на дозвуковой, сверхзвуковой и гиперзвуковой скорости. ИДД также может быть использован для питания тактической авиации, ракет воздушного и корабельного базирования, беспилотных летательных аппаратов, выработки электроэнергии и др. Однако для успешного применения ИДД действительно необходимы обширные исследования и разработки.

Исследовательские программы по ИДД первоначально начались с фундаментальных исследований характеристик детонации с использованием ударной трубы для изучения характеристик различных видов топлива. Исследователи успешно эксплуатируют ИДД с разумной частотой повторений и значительной тягой. Ученые в настоящее время заняты модернизацией системы впрыска топлива-окислителя, системы зажигания с более высокой энергией, механизма перехода от дефлаграции к детонации, а также улучшением системы последовательности запуска. Увеличение тяги ИДД также было изучено с использованием эжекторов различной геометрии, размещенных на открытом конце трубки ИДД.

Исследовательский центр обычно состоит из исследовательского офиса, оснащенного вычислительным оборудованием, и лаборатории, которая оборудована звуконепроницаемым помещением, демпфирующей камерой, выхлопной системой, диспетчерской, системой подачи топлива и окислителя. Топливо хранится в защищенном и хорошо вентилируемом помещении за пределами лаборатории и доставляется по сертифицированному трубопроводу из нержавеющей стали и латунным трубкам.

Звукоизолированное помещение построено из внешней бетонной стены с внутренними двухслойными деревянными стенами, где пенополиуретан помещается между деревянными слоями стены. Для дальнейшего ослабления звука, исходящего от ИДД, звукоизолированное помещение оснащено изготовленной на заказ демпфирующей камерой, состоящей из внутреннего перфорированного цилиндра из мягкой стали толщиной 3 мм, надежно размещенного во внешнем сплошном цилиндре из бетона. Внешний бетонный цилиндр выполнен в виде жесткой конструкции для глушителя и действует как

амортизатор для глушителя из-за воздействия ударной волны. Стальной глушитель представляет собой перфорированную металлическую пластину, свернутую в цилиндрическую форму. Пенополиуретан, расположенный во внутренней оболочке бетонного цилиндра, предназначен для дополнительного поглощения звука, производимого во время детонации. Концевая часть демпфирующей камеры соединена со стальной выхлопной трубой, оснащенной всасывающим вентилятором для удаления продуктов сгорания из звукоизолированного помещения. Демпфирующая камера служит для поглощения ударных волн, шума (более 100 дБ) и отвода выхлопных газов из ИДД. Все эксперименты с ИДД проводятся в этой комнате как закрытая зона, чтобы предотвратить причинение вреда исследователю ударной волной детонации, шумом, высокой температурой или любым другим нежелательным событием. Исследователь может наблюдать, управлять и собирать все экспериментальные данные ИДД из диспетчерской, которая соединена со звуконепроницаемым помещением через взрывозащищенное смотровое окно. События горения также могут быть записаны удаленной камерой, установленной внутри звукоизолированного помещения. Для экспериментов с ИДД используются два компьютера, один предназначен для управления последовательностью событий работы ИДД, а другой используется для сбора всех данных, генерируемых различными датчиками, т.е. датчиками давления, датчиком нагрузки, акселерометром, термопарами для оценки производительности ИДД [1].

Измерительная система и устройства

Типичными данными, получаемыми при анализе ИДД, являются давление, температура, сила и ускорение. Все цифровые данные, полученные от различных датчиков, таких как датчики давления, термопары, тензодатчики и акселерометры, передаются через системы сбора данных, состоящие из программного обеспечения и платы сбора данных. Отдельный компьютер, использующий один и тот же язык программирования, используется для записи, хранения и обратного считывания данных для анализа. Плата сбора используется для считывания сигнала со всех датчиков для каждого типа данных, прежде чем он будет сохранен на жестком диске. Затем эта плата подключается к блоку разъемов и формирователю сигнала. Формирователь сигнала принимает сигнал от преобразователя в виде аналогового сигнала, который находится в напряжении. Этот сигнал преобразуется в цифровой сигнал, который позже отправляется в соединительный блок, который взаимодействует с платой сбора данных.

Установка для одноимпульсной детонации

Рассмотрим установку для одноимпульсной детонации на примере конструкции, созданной в Лаборатории высокоскоростных реагирующих потоков Технологического университета Малайзии.

Одноимпульсная детонационная трубка изготовлена из нержавеющей стали с внутренним диаметром 100 мм, демпфирующей камерой, секцией перехода от дефлаграции к детонации, секцией сажевой пленки, системой газонаполнения, системой сбора данных и блоком управления зажиганием. Труба была спроектирована таким образом, чтобы выдерживать статическое давление в 100 бар с коэффициентом запаса прочности 2,49.

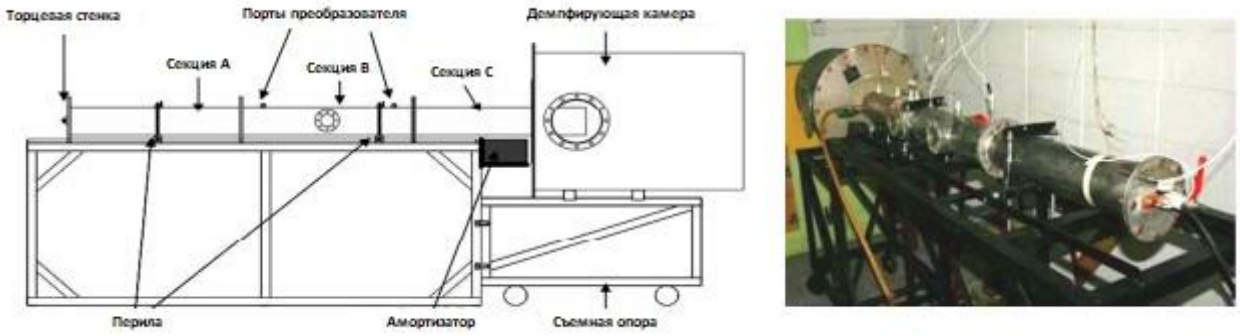


Рисунок 1 – Установка для одноимпульсной детонации

Одиночная импульсная детонационная трубка была изготовлена из трех модульных секций, как показано на рисунке 1. Каждая секция имеет длину 0,5 м и внутренний диаметр 100 мм и наружный диаметр 112 мм. Секции А и С имеют порты для сантехники и контрольно-измерительных приборов, в то время как секция В имеет только порты для контрольно-измерительных приборов. Эта установка использовалась для изучения характеристик реагирующих ударных волн для биогаза по сравнению с несколькими другими газообразными видами топлива [2] и экспериментального исследования ограниченного импульсно-детонационного горения биогаза [3]. Биогаз состоял на 65% из метана и на 35% из углекислого газа. Концентрацию кислорода в смеси окислителя разбавляли газообразным азотом при различных процентах разбавления. Из обеих исследовательских программ можно сделать вывод, что биогаз и природный газ не были настолько чувствительны к распространению детонации по сравнению с другими газами, такими как пропан, из-за более низкой теплотворной способности.

Установка двигателя повторяющейся импульсной детонации

Рассмотрим установку двигателя повторяющейся импульсной детонации на примере конструкции, созданной в Лаборатории высокоскоростных реагирующих потоков Технологического университета Малайзии.

Двигатель повторяющейся импульсной детонации был разработан с размером трубы 50 мм во внутреннем диаметре и 600 мм в длину. В качестве ускорителя пламени внутри трубы использовались препятствия с коэффициентом засорения 43 процента. В системе продувки используются электромагнитные клапаны с возможностью подачи сжатого воздуха под

давлением до 800 кПа. Катушка соленоида питается от 24-вольтовой сети постоянного тока и управляется сигналом транзисторно-транзисторной логики от схемы управления ИДД. Инжектор в сборе поставляется с 2-мя линейными блоками для впрыска окислителя и 2-мя линейными блоками для впрыска топлива. 12 В постоянного тока MSD Digital DIS-4 используется в качестве системы зажигания. Это устройство может выдавать четыре искры мощностью 105-115 МДж каждая. Механизм наполнения, продувка и зажигание контролируются программным обеспечением. В одном из экспериментов процесс впрыска был установлен на 50% рабочего цикла, 15% рабочего цикла для процесса зажигания и 20% для процесса продувки.

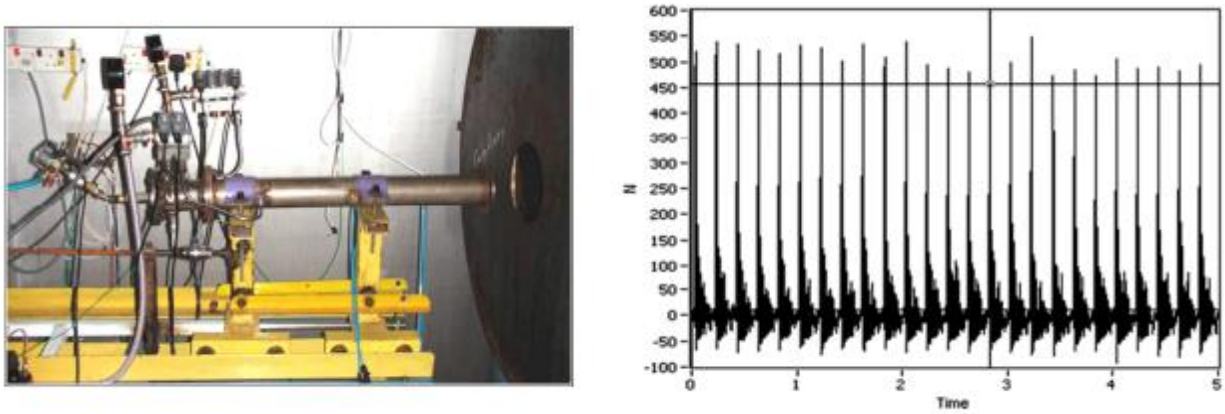


Рисунок 2 – Повторяющийся импульсный детонационный двигатель (ИДД) и генерируемый сигнал тяги

На рисунке2 показана тяга, регистрируемая датчиком нагрузки с частотой 5 Гц в течение 5 секунд. Можно видеть, что средние значения скачка тяги ИДД составляли от 480 Н до 520 Н на этих рабочих частотах. Средний скачок тяги, рассчитанный на основе этих результатов, составляет 512,7 Н. Средние значения скачка давления в этой системе ИДД составляли от 8 до 14 бар.

Были проведены экспериментальные испытания для изучения характеристик тяги ИДД, и было исследовано влияние четырех различных размеров, формы и осевого расположения эжекторов на увеличение. Все эжекторы имеют одинаковую длину и входной диаметр, которые составляют 400 мм и 130 мм соответственно. Длина, выбранная для всех конфигураций эжектора, была равна отношению длины эжектора к диаметру эжектора и равна 3,08.

Рабочая частота ИДД 5 Гц показала, что скорость волны была в диапазоне от 1500 м / с до 1800 м / с (~ 5-6 Маха), а создаваемая тяга составляла около 9-14 бар. Было обнаружено, что эжектор очень чувствителен к осевому положению. Все эжекторы обеспечивают улучшенные характеристики тяги, а положение выше по потоку обеспечивает наилучшую производительность за счет увеличения тяги.

Список литературы

1. Mazlan A. Pulse Detonation Engine Research Development at High Speed Reacting Flow Laboratory - HiREF, Universiti Teknologi Malaysia / Mazlan A. Wahida, A. Dairobi G.b, Aminuddin Saatc, Mohsin M. Siesd, H.A. Mohammede, Amer N. Darusf, Mohd Faizal H.g, M. Ibthisham A.h, and Fairus M. Y. / Applied Mechanics and Materials Vol. 388 – 2013, pp 285-291.

2. Wahid, M.A. and Haffis Ujir, Reacting Shock Waves Characteristics for Biogas Compared to Other Gaseous Fuel, The 4th International Meeting of Advances In Thermofluids (IMAT 2011). AIP Conference Proceedings, Volume 1440, pp. 90-99 (2012).

3. Faiz, A., M.A. Wahid, K.M. Saqr, and H. U. Single Pulse Detonation Study of Natural Gas. inInternational Conference on Fluid Mechanics and Heat & Mass Transfer 2010. 2010. CorfuIsland, Greece: WSEASPress.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ В САЕ-СИСТЕМАХ

Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент, Кутырев Г.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Оренбургский государственный университет

На современном этапе развития машиностроительного производства геометрические размеры и форма большинства выпускаемых изделий обеспечиваются за счет их обработки резанием. Такая обработка, выполняемая на различных металлообрабатывающих станках и с использованием разнообразного режущего инструмента, позволяет достигать высоких показателей точности и качества обработанных поверхностей. Однако эти показатели в значительной степени зависят от того насколько правильно подобраны режимы резания для каждого конкретного случая обработки. Выбор параметров режима резания, прежде всего, определяет величину силы резания, возникающей в процессе взаимодействия режущего инструмента и обрабатываемой детали и действующей на используемую технологическую систему. Эта сила, вызывающая деформации технологической системы, часто служит основной причиной появления отклонений размеров и формы элементов обработанных изделий. Поэтому при назначении режима резания критически важно иметь возможность оценки силы резания, что позволяет избежать неприемлемых нарушений номинальной геометрии детали в ходе ее фактической обработки.

В настоящее время для оценки составляющих силы резания обычно используются два метода, а именно расчетный и экспериментальный. В первом случае для определения силы резания используются эмпирические зависимости, дающие весьма приблизительную ее оценку, из-за практической невозможности точного аналитического описания процесса резания. Как правило, подобные зависимости справедливы лишь для конкретных условий обработки и их применимость ограничена очень узкими рамками, что нередко приводит к получению ошибочных результатов при их использовании. Во втором случае сила резания определяется путем ее измерения непосредственно в процессе обработки при помощи специального метрологического оборудования (специальных динамометров). Для подавляющего большинства предприятий реального металлообрабатывающего производства такое оборудование недоступно в силу его высокой стоимости и сложности эксплуатации. Кроме того, в данном случае требуется проведение собственно экспериментов (с последующей обработкой их результатов), что увеличивает трудоемкость технологического процесса изготовления изделия.

Иначе говоря, оба названных подхода малоэффективны для оценки силы резания и нуждаются в поиске альтернативы. В качестве такой альтернативы

может рассматриваться математическое моделирование процесса резания в существующих системах инженерного анализа (CAE-системах). Эти системы, как универсальные (например, «Ansys», «Abaqus»), так и специализированные (например, «AdvantEdge», «Deform-3D»), основанные на различных численных методах (чаще всего, методе конечных элементов), позволяют полноценно моделировать различные процессы резания с оценкой параметров большинства сопутствующих им явлений [1]. Очевидно, что более эффективны здесь специализированные CAE-системы, включающие в себя программные модули, полностью автоматизирующие процесс создания модели того или иного типа процесса резания. Например, в системе «Deform-3D»присутствуют четыре таких модуля, отвечающие за подготовку моделей для процессов точения, растачивания, фрезерования и сверления.

Тем не менее, несмотря на очевидную полезность этих модулей, опыт их практического использования показал наличие в них ряда существенных недостатков. Так в программном модуле «Deform-3D», отвечающем за подготовку модели продольного наружного точения, которое является наиболее распространенным видом обработки резанием в практике металлообработки, были обнаружены следующие недостатки:

1) отсутствие возможности произвольного варьирования геометрических параметров режущего клина (фактически возможно задавать только три параметра: главный передний угол γ, угол наклона главной режущей кромки λ и главный угол в плане φ);

2) возможность получения неправильного положения режущего клина относительно заготовки при определенном сочетании его заданных геометрических параметров, которое часто может иметь место в условиях реальной обработки (в таком положении отсутствует исходная интерференция между режущим клином и заготовкой, необходимая для начальной фазы моделирования формирования стружки);

3) воспроизведение режущего клина (режущей пластины) резца в полном объеме, существенно увеличивающее размерность конечно-элементной модели, и, следовательно, продолжительность вычислений, в то время как для моделирования процесса стружкообразования достаточно небольшого объема режущего клина в области его вершины;

4) некорректное задание относительного движения режущего клина и фрагмента заготовки, заключающееся в винтовом перемещении клина относительно неподвижной заготовки (а не наоборот, как должно быть в реальности), что выражается в вычислении радиальной и тангенциальной составляющей силы резания как переменных величин, зависящих от углового положения режущего клина относительно оси заготовки.

Устранение отмеченных недостатков возможно различными путями, одним из которых может служить использование стороннего препроцессора для подготовки геометрической модели, подвергаемой дальнейшей доработке в общем препроцессоре «Deform-3D». В данном случае такой геометрический

препроцессор был реализован в CAD-модуле PLM-системы «Siemens NX»на основе доступных в нем инструментов параметрического моделирования. По существу этот препроцессор представлял собой параметрическую геометрическую модель, составленную из двух твердых тел: модели режущего клина и модели заготовки. При этом их размеры и относительное положение однозначно определялись фиксированным набором управляемых параметров, задаваемых пользователем. То есть после ввода в базу данных модели необходимых значений этих параметров модель автоматически перестраивалась путем последовательного выполнения ряда этапов:

- на первом из них генерировалась твердотельная модель режущего клина, линейные, угловые и радиусные размеры которой ограничивались заданными параметрами;
- на втором этапе генерировалась твердотельная модель заготовки в виде фрагмента цилиндрической трубы необходимых размеров;
- на третьем этапе выполнялось точное позиционирование модели режущего клина относительно модели заготовки с учетом заданных параметров, характеризующих глубину резания и оборотную подачу;
- на четвертом этапе на модели заготовки формировалась поверхность (дорожка) резания, образуемая перемещением режущего клина относительно заготовки по пространственной винтовой линии с шагом равным оборотной подаче;
- на завершающем пятом этапе модель режущего клина позиционировалась относительно сформированной на заготовке дорожки резания так, чтобы обеспечивалась необходимая площадь сечения срезаемого слоя.

Пример геометрической модели, автоматически сгенерированной таким способом, приведен на рисунке 1.

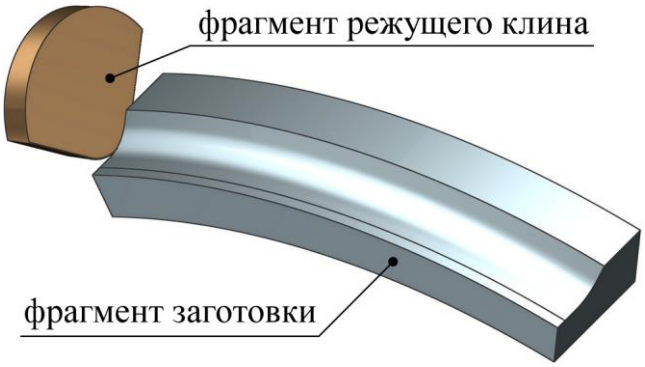


Рисунок 1 – Геометрическая модель, подготовленная для моделирования процесса продольного наружного точения

Дальнейшее моделирование включало в себя передачу геометрической модели в препроцессор «Deform-3D»и ее преобразование в конечно-элементную модель путем:

- генерации конечно-элементной сетки на геометрических моделях заготовки и режущего клина с учетом требований, предъявляемых к ней в части возможности формирования модели стружки и сходимости решения;

- задания граничных условий и нагрузок, обеспечивающих требуемый характер перемещения режущего клина относительно заготовки (линейное перемещение клина вдоль оси вращающейся заготовки);

- назначения массивам конечных элементов в модели заготовки и модели клина соответствующих моделей материала;

- формирования моделей стыков [2], определяющих контактное взаимодействие между сопряженными поверхностями режущего клина и заготовки, а также заготовки и стружки;

- настройку параметров решения (выбор решателя, задание шага решения и т.п.);

- автоматическую проверку полученной модели на наличие ошибок и ее сохранение для последующего решения.

Разумеется, все названные мероприятия выполнялись в полуавтоматическом режиме, что заметно увеличивало трудоемкость разработки модели по сравнению с ее разработкой в специальном программном модуле «Deform-3D», но давало возможность исключить все ранее отмеченные недостатки этого модуля.

Для апробации описанного подхода к моделированию процессов резания была выполнена серия расчетов, направленных на определение зависимости составляющих силы резания от величины главного переднего угла резца при продольном наружном точении. Каждый из этих расчетов характеризовался тем, что его отправной точкой являлось построение CAD-модели, где единственным изменяемым параметром выступал главный передний угол γ резца. Величина этого угла в каждом случае расчета изменялась в диапазоне от минус 10 до 10° при прочих равных условиях. Полученные в дальнейшем конечно-элементные модели позволили качественно и количественно оценить процесс резания при заданных условиях, что иллюстрируется рисунками 2 и 3.

При этом на рисунке 2 показан промежуточный результат моделирования процесса обработки заготовки резцом с нулевым главным передним углом, показывающий качественную картину стружкообразования при заданных условиях обработки.

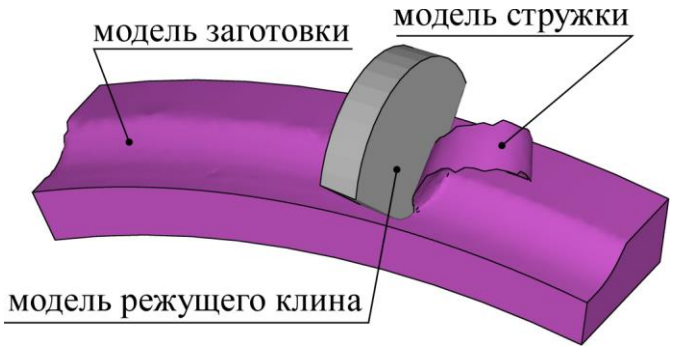


Рисунок 2 – Результат моделирования процесса продольного наружного точения

На рисунке 3 показана диаграмма, дающая наглядное представление о том, каким образом влияет передний угол резца на величины осевойF_a, радиальной F_r и тангенциальнойF_t составляющих силы резания. Полученные результаты полностью согласуются с экспериментальными данными, приведенными в различных работах по теории резания, и кроме того, позволяют формализовать рассматриваемую зависимость.

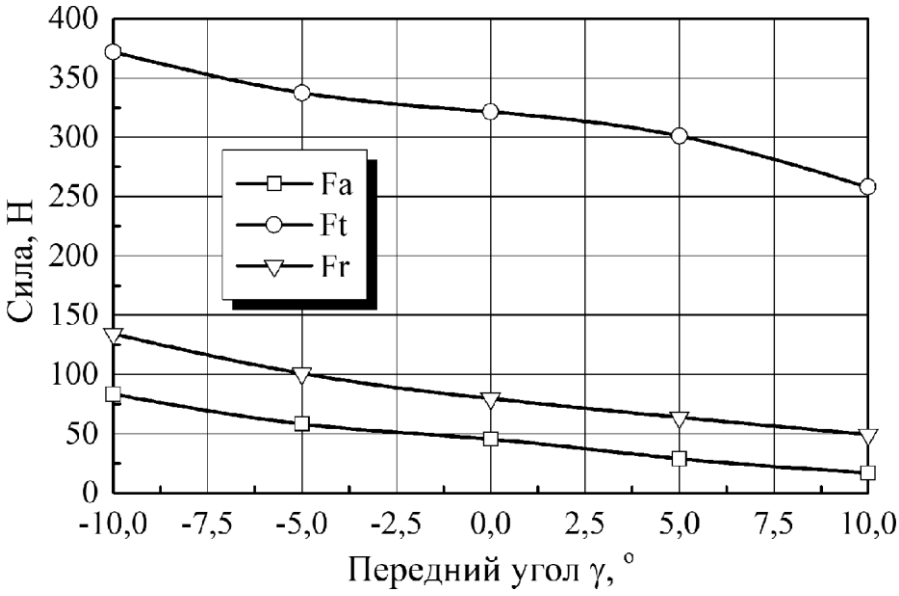


Рисунок 3 – Зависимость составляющих силы резания от величины главного переднего угла

Исходя из этого, можно заключить, что предлагаемый подход к моделированию процессов резания (в частности, продольного наружного точения) обладает определенной эффективностью, и может быть использован для углубленного анализа зависимостей силы резания от различных входных параметров процесса с возможностью математической формализации этих зависимостей, что является предметом дальнейших исследований в данной области.

Список литературы

1. Каменев, С. В. Конечно-элементное моделирование процессов резания металлов / С. В. Каменев, Г. В. Кутырев // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: сборник материалов X Всероссийской конференции/ Оренбург.гос. ун-т. – Оренбург, 2021. – С. 321–325.

2. Каменев, С. В. Сравнительный анализ некоторых моделей трения, применяемых в конечно-элементном моделировании процессов резания

металлов / С. В. Каменев, Г. В. Кутырев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием) / Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 1560-1565.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩИХ ВИНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Канчурин Р.Я., Русяев А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Обратное проектирование или реверс-инжиниринг в машиностроении – это комплекс технологий, аппаратных и программных средств, необходимых для создания свойств объекта с внесением в него ряда доработок и когда проектировщик данного объекта не предоставил полную информацию о структуре и технологии создания. Для данной технологии аппаратными средствами являются 3D-сканеры, 3D-принтеры, компьютеры для сбора и обработки полученной информации и создания модели объекта [1].

Процесс реверс-инжиниринга состоит из следующих этапов:

– выбор объекта и получение информации о нём;

– получение информации о размерах объекта (проводится с помощью ручных измерительных приборов, координатно-измерительных машин и 3D-сканеров);

– разработка конструкторской документации.

Рассмотрим процесс реверс-инжиниринга пропеллера квадрокоптера с помощью трехмерного сканирования и применения CAD-системы.

Сканирование выполнено на оптическом сканере RangeVisionPRO. Полученная в результате сканирования модель представлена на рисунке 1.

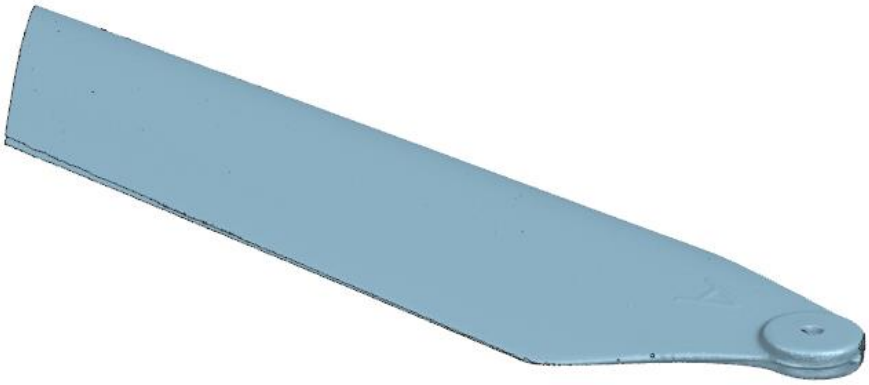


Рисунок 1 – Результат сканирования

Следующим этапом является построение CAD-модели. Для построения модели воспользуемся САПР SiemensNX. NX предоставляет широкий набор инструментов для реверс-инжиниринга.

Создадим новый файл модели NX, импортируем созданный на прошлом этапе файл с результатами сканирования и перейдем на ленту меню «Реверс-инжиниринг» (рисунок 2).

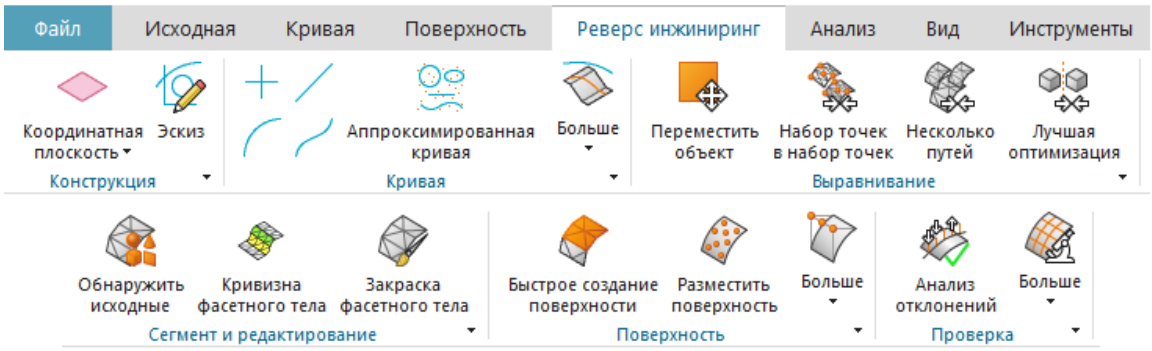


Рисунок 2 – Инструменты реверс-инжиниринга в NX

Построение модели состоит из следующих этапов:

– построение локальной системы координат, ассоциированной с конструктивными элементами скана;

– аппроксимация частей скана примитивами (плоскость, цилиндр, прямая, кривые и поверхности NURBS);

– объединение поверхностей и создание твердотельной модели.

Основной операцией для выделения геометрии является команда «Разместить поверхность», которая позволяет аппроксимировать наборы точек плоскостями, цилиндрической, конической, сферической поверхностями и поверхностью произвольной формы. Для более эффективного выделения необходимого набора точек можно перед командой «Разместить поверхность» воспользоваться командой «Обнаружить исходные», которая позволяет распознать на фасетном теле типы форм и задать им определенный цвет, т. е. данная функция находит и выделяет цветом примитивные элементы модели [2]. Результат выполнения описанных команд для выделения плоскости ступицы и цилиндрической поверхности отверстия представлен на рисунке 3.

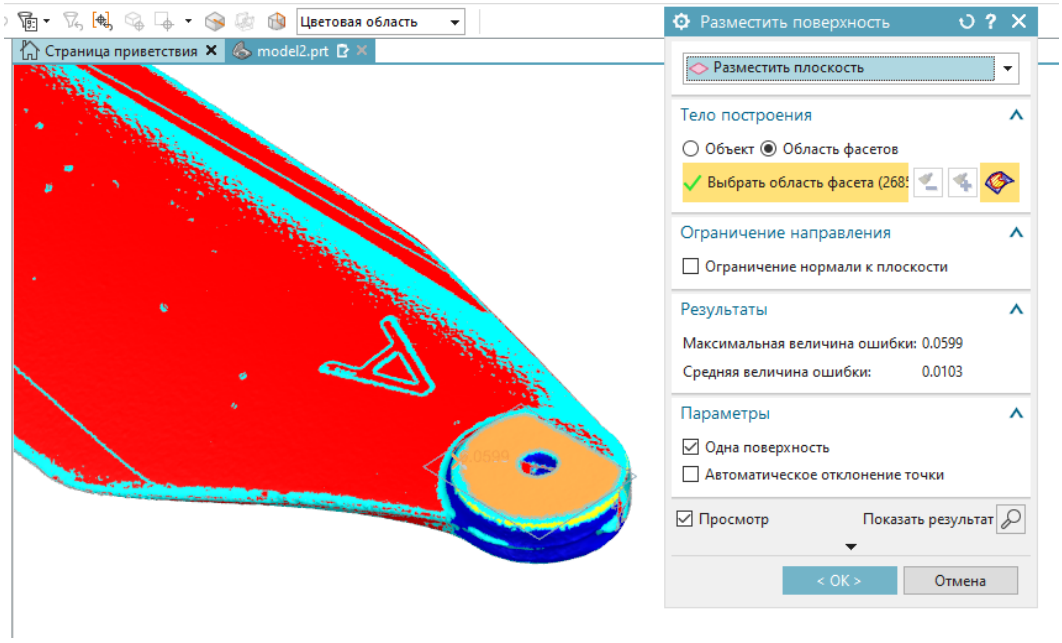


Рисунок 3 – Аппроксимация точек скана плоскостью

Для построения локальной системы координат создадим в построенной плоскости эскиз с двумя отрезками прямых, которые в дальнейшем станут координатными осями. Одна из прямых параллельна одной из граней детали. Из построенных отрезков с помощью команды «Базовая СК» построим локальную систему координат, в качестве точки центра выберем точку на оси построенной цилиндрической поверхности в месте пересечения оси и плоскости. Построение локальной системы координат показано на рисунке 4.

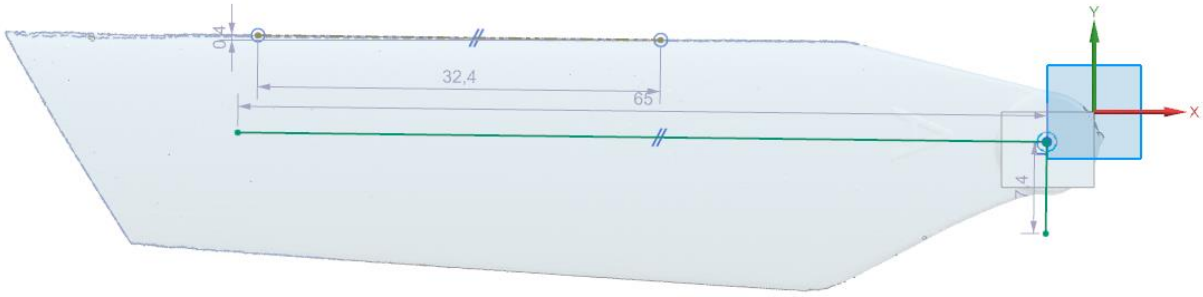


Рисунок 4 – Построение локальной системы координат

Теперь построим поверхность лопасти. Выделим профиль лопасти, для этого воспользуемся командой «Кривая сечения» для плоскости, параллельной одной из координатных плоскостей (рисунок 5).

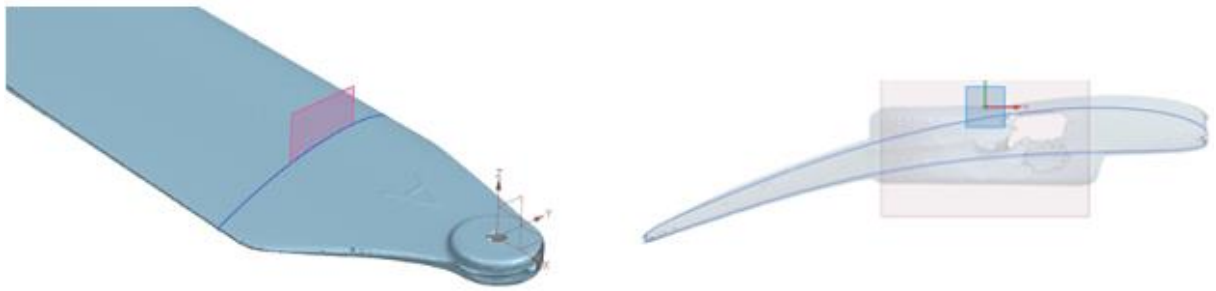


Рисунок 5 – Выделение профиля лопасти

Аппроксимируем полученную кривую с помощью сплайна. Разместим задающие точки сплайна таким образом, чтобы на участках с большей кривизной точки встречались чаще, при этом общее количество точек не должно быть большим, степень сплайна также не должна быть высокой, чтобы избежать осцилляции сплайна (рисунок 6). Выберем сплайн третьей степени. Координаты задающих точек сплайна можно сохранить в текстовый файл, в дальнейшем этот файл можно будет импортировать в другие CAD-системы для повторения построений.

Описанным выше способом построим второй профиль на другом расстоянии от центра системы координат. По полученным профилям построим поверхность лопасти. Это осуществляется с помощью операций в меню «Поверхность» (рисунок 7). Используем команду «По сечениям» (рисунок 8).

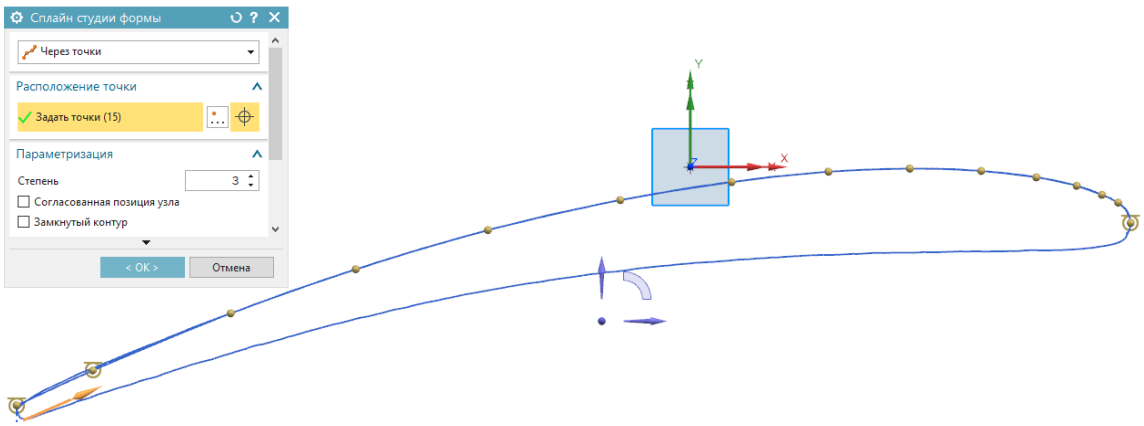


Рисунок 6 – Построение профиля лопасти

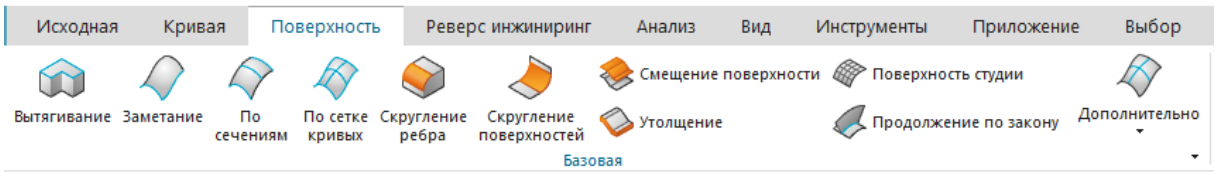


Рисунок 7 – Лента меню «Поверхность»

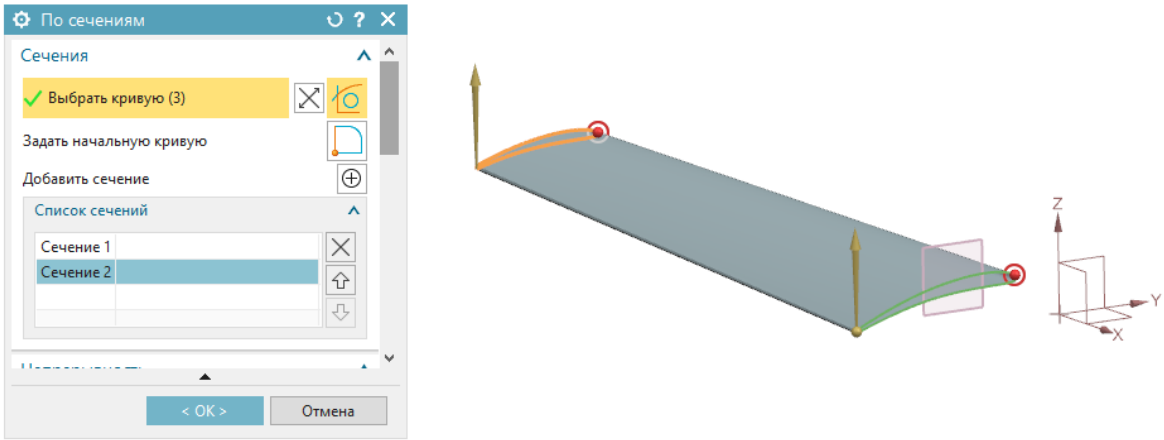


Рисунок 8 – Построение поверхности лопасти

Рассмотрим некоторые из поверхностных операций, используемые в построении. Для построения сужения поверхности лопасти к ступице выполним следующие операции:

– построение эскиза сужения, применение команды «Вытягивание» и «Расширить поверхность» (рисунок 9);

– «Обрезка и расширение поверхностей» (рисунок 10).

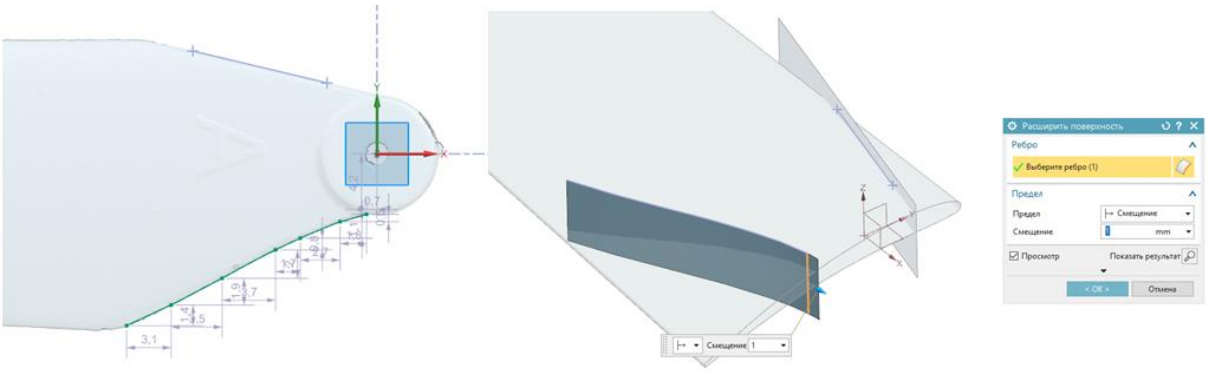


Рисунок 9 – Построение боковой поверхности

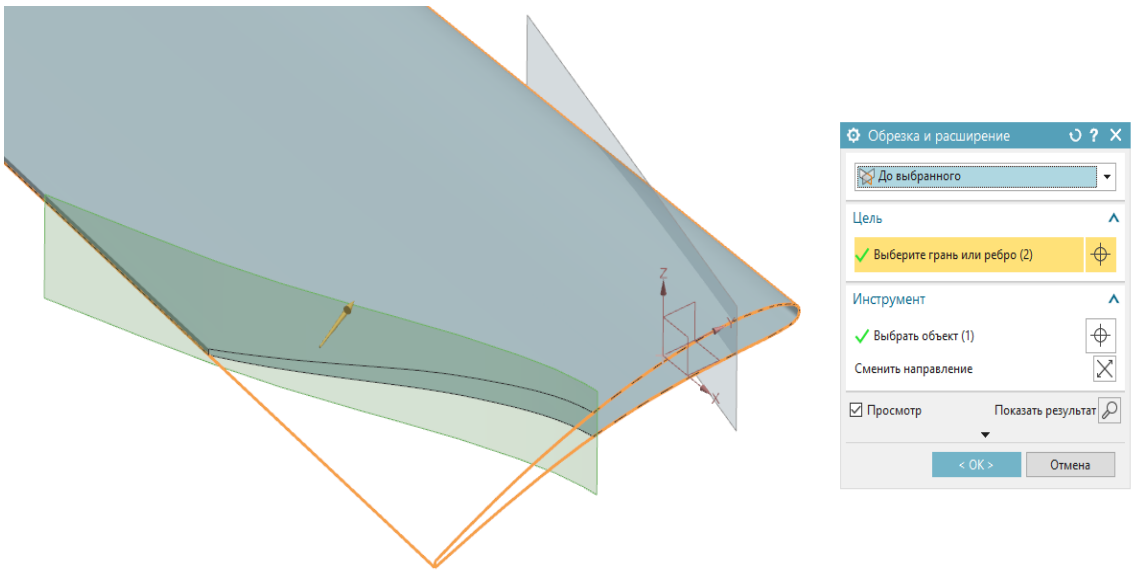


Рисунок 10 – Обрезка поверхностей

Оставшиеся части детали можно создать с помощью описанных выше операций. Окончательный результат построения CAD-модели показан на рисунке 11.

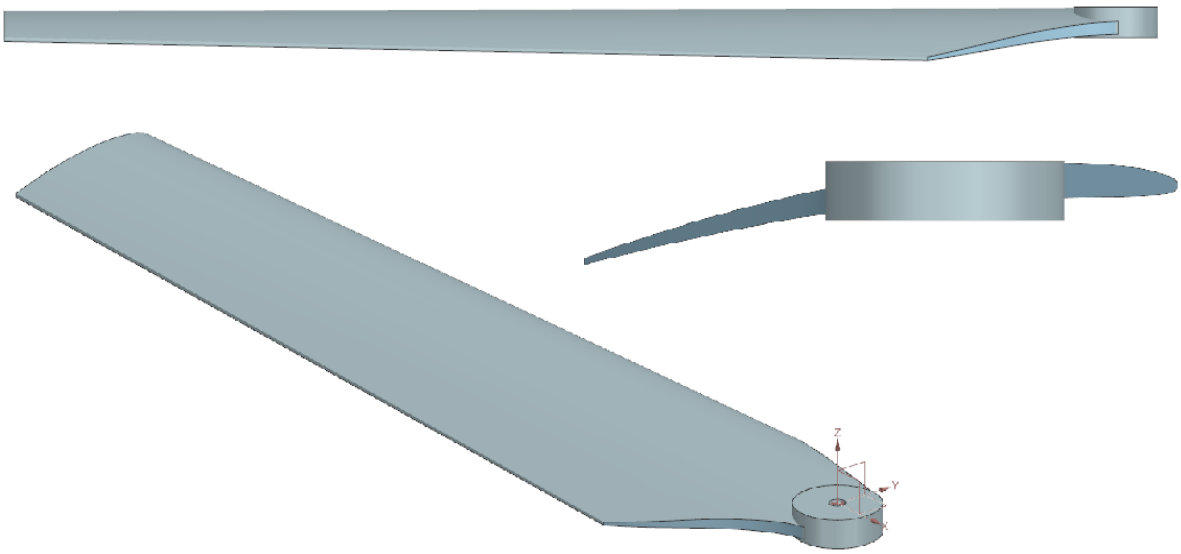


Рисунок 11 – Результат построения CAD-модели

Таким образом, с помощью предоставляемых NX операций твердотельного, поверхностного моделирования, инструментов реверс-инжиниринга можно проектировать CAD-модели сложных деталей по результатам трехмерного сканирования.

Список литературы

1. Водин, Д. В. Применение технологии обратного инжиниринга в машиностроении / Д. В. Водин. – Текст: непосредственный // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2016. – С. 67-69. – URL: https://moluch.ru/conf/tech/archive/166/10534/ (дата обращения: 14.01.2023);

2. Нехорошев, М. Реверс инжиниринг изделий в Siemens NX от «А» до «Я» [Электронный ресурс] / М. Нехорошев // ConnectivePLM, 2020. – URL: https://connective-plm.com/blog/reversotido/ (дата обращения: 14.01.2023).

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент,
Карамсаков А.А., Назаров А.Ю.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Поверхностное упрочнение низкоуглеродистой стали – это метод улучшения долговечности и внешнего вида металлической поверхности, при котором металлическая поверхность укрепляется путем нанесения тонкого слоя на верхнюю поверхность другого металлического сплава. Тонкий слой сплава обычно тверже и долговечнее, чем исходный металл. Основной целью поверхностного упрочнения стали является получение низкоуглеродистой стали с поверхностным высоким содержанием углерода, не затрагивая внутреннюю или сердцевину металла в ее составе.

Преимущества поверхностного упрочнения низкоуглеродистой стали:

– поскольку поверхностное упрочнение низкоуглеродистой стали значительно повышает твердость закаленных металлов, сохраняя при этом сердцевину стальной детали сравнительно мягкой и гибкой, стальная деталь становится намного более износостойкой. Сохранение более мягкой сердцевины позволяет детали поглощать и снимать напряжение. Как правило, это экономит деньги в долгосрочной перспективе, потому что вы можете использовать его дольше и не покупать его часто;

– облегчает механическую обработку стальных деталей. Общеизвестно, что стальные детали трудно поддаются механической обработке. Для деталей, требующих повышенной твердости, идеальным способом является обработка низкоуглеродистой стали, а затем использование упрочнения, чтобы сделать деталь настолько твердой, насколько требуется;

– материалы с поверхностным упрочнением обеспечивает высокую устойчивость к абразивному износу при скольжении, сопротивляясь изгибу и крутящему моменту;

– деталь, закаленную поверхностным упрочнением, легче сваривать, чем деталь, которая не была закалена.

Этот процедура полезна для объектов, которым требуется прочная внешняя поверхность, чтобы выдерживать износ и разрыв, сохраняя при этом мягкую внутреннюю поверхность для амортизации ударов. Он включает в себя добавление большого количества углерода к внешнему слою низкоуглеродистой стали, которая должна быть подвергнута поверхностной закалке путем нагрева при контакте с определенным материалом, который может быть очень богатым содержанием углерода. Процедура также включает

окончательную термическую обработку после завершения вышеуказанной процедуры.

Основные операции, связанные с процедурой поверхностного упрочнения низкоуглеродистой стали, следующие:

1. Цементирование– помогает ввести дополнительный углерод.
2. Постепенное снижение температуры цементирования, отжиг.
3. Рафинирование – для компенсации воздействия длительного нагрева.
4. Упрочнение.
5. Отпуск по мере необходимости.

Различные методы, используемые для вышеуказанных процедур:

Открытый мартеновский процесс, рисунок 1: этот процесс используется только с отдельными металлами.

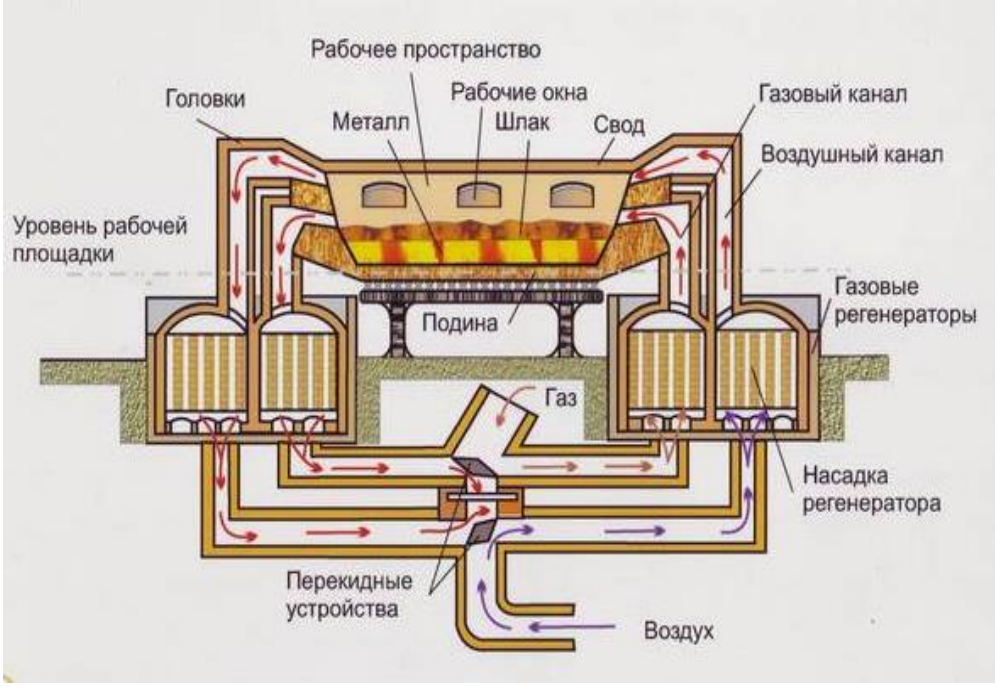


Рисунок 1 –Открытый мартеновский процесс

Заготовку нагревают до тех пор, пока она не изменит свой цвет, затем ее погружают в науглероживающий состав, такой как костный уголь и обугленная кожа, древесный уголь. Индукция выполняется более двух раз. Затем металл очищают от любого налипшего соединения, повторно нагревают, повторно погружают и закаляют посредством водяного охлаждения. Твердость готового металла проверяется шлифованием напильником, а затем окончательно полируется наждачной бумагой.

Коробчатый процесс: этот процесс становится полезным, когда требуется упрочнить более одного элемента. Все детали, подлежащие закалке, аккуратно упакованы в железную коробку. Гарантируется, что каждый металл и его внешние части покрыты и окружены 25–50 мм науглероживающего состава. Отверстие железного ящика закрывается крышкой, а крышка запечатывается

специальной огнеупорной глиной. Это делается для предотвращения выхода газов из железного ящика в процессе науглероживания, а также для предотвращения попадания в ящик внешних газов из печи. Ящик осторожно помещают внутрь печи и нагревают до температуры науглероживания 900 градусов Цельсия. Эта температура поддерживается в течение достаточного периода времени для оптимального отверждения толщины корпуса. Описанная выше процедура науглероживания при продлении до четырех часов дает затвердевшую оболочку толщиной примерно 1 мм. Толщина обычно считается подходящей для большинства обычных работ и допускает хорошие пределы шлифования. Затем металлы постепенно охлаждаются внутри самой коробки, чтобы отжечь только что отвержденный корпус. Дальнейшая очистка осуществляется путем нагревания изделий от 840 до 900 градусов Цельсия и введения их в воду или масло для закалки. После этого, в конечном счете, внешняя оболочка металлов нагревается до температуры 760 градусов по Цельсию и охлаждается до 700 градусов по Цельсию перед закалкой их обратно в воду или масло.

Процесс с цианированием, рисунок 2: процесс включает погружение металла, подлежащего цементации, в расплавленный раствор цианида натрия при температуре 920 градусов Цельсия. Процесс обеспечивает как достаточный нагрев, так и науглероживание. Этот процесс может обеспечить затвердевшую корку размером 0,2–0,5 мм и используется для работ, где этого показателя достаточно. Изделия здесь либо закалены напрямую, либо подвергнуты обычным методам рафинирования и закалки.

Рисунок 2 – Процесс цианирования

Вышеупомянутый процесс считается более быстрым и эффективным и обычно может быть завершен в течение получаса. Здесь идеально подходят мелкие металлические детали, такие как гайки, болты, шестерни машин. Химические реакции, происходящие при цианировании, можно записать в виде:

$2NaCN + 2NaCNO \rightarrow 2NaCNO$

$2NaCNO + O2 \rightarrow NaCO3 + CO + 2N$

$2CO \rightarrow CO2 + C$

Процесс азотирования, рисунок 3: закалка с использованием этого метода приводит к получению очень твердой поверхности специальных стальных сплавов. Образование происходит, когда процедура проводится в среде с высоким содержанием газообразного аммиака в течение 90 часов. Процедура включает в себя закалку металлов, заключенных в коробку, и нагрев их до 500 градусов по Цельсию. При нагреве в коробку пропускают поток газообразного аммиака на время от 10 до 90 часов.

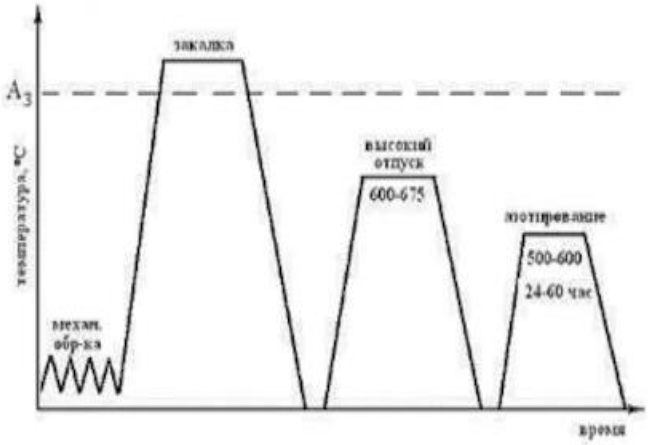


Рисунок 3 – Процесс азотирования

Толщина закаленного слоя может варьироваться для разных типов сталей в пределах 0,3–0,6 мм. На толщину также может влиять период времени, в течение которого она подвергалась обработке аммиаком, а также тип используемой стали. Поскольку процесс исключает использование высоких температур, не требует закалки и, следовательно, риск искажения структуры металла значительно снижается.

Процесс поверхностного упрочнения пластическим деформированием, рисунок 4: основано на способности стали к наклепу при пластической деформации. Наиболее распространенными способами такого упрочнения поверхности является дробеструйная обработка и обработка поверхности роликами или шариками.

Рисунок 4 –Процесс поверхностного упрочнения пластическим деформированием

Список литературы

1. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. – М.: Форум, 2016. – 224 с.

2. Теория автоматического управления: Учебное пособие / В.Н. Брюханов, М.Г. Косов, С.В. Протопопов. –М.: Высшая школа, 1999. – 268 с.

3. Богодухов, С.И. Упрочнение поверхности низкоуглеродистой стали самофлюсующимися твердыми сплавами / С.И. Богодухов, Е.С. Козик, Е.В. Солосина, Д.И. Чурносов // Машиностроение. – 2014. №3. – С. 19-26.

4. Богодухов, С.И. Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства: учебник / Богодухов С.И., Схиртладзе А.Г., Проскурин А.Д., Килов А.С., Шейнин Б.М. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 464 с

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор, Кирикова А.Р., Кириков М.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На сегодняшний день Россия является одной из стран, стремительно развивающихся в инженерной отрасли. Строятся предприятия, на которых активно разрабатываются новые технологии и совершенствуются старые. По сравнению с представителями таких творческих профессий, как, например, врачами, педагогами, актерами, профессия инженера предполагает производительный труд, который участвует в создании национального дохода. [1] Рассмотрим один из видов инженерного дела – машиностроение. Решение различных технических задач на разных этапах жизненного цикла продукции достигается путем реализации научных и практических знаний инженера и объединения инженеров по группам, а также назначения каждой группе (отделу) задач определенного типа, например, конструкторский отдел занимается разработкой чертежей, а технологи выстраивают технологический процесс на предприятии. Так как всё, что нас окружает – это плод творения инженеров. Можно сказать, что инженерное дело крайне необходимо обществу для обустройства комфортной среды проживания человечества.

Важнейшей задачей для России является усовершенствование образования. В условиях глобализации мировой экономики в сфере инженерной деятельности были созданы международные объединения организаций, занимающихся сертификацией посредством чего были разработаны общие требования к компетенциям инженеров, которые обобщенно можно разбить на категории [2]:

- наличие и способность применения фундаментальных и специализированных знаний;
- готовность к анализу и разработке решений;
- знание экономических основ и их эффективное применение в решении задач;
- умение работать в командах, готовность быть лидером, вести эффективную коммуникацию;
- творческий, системный подходы к решению задач;
- знание и применение основ профессиональной и общечеловеческой этики;
- понимание и готовность внедрения основ управления проектами, инновационного подхода, менеджмента качества организации.

Данные компетенции, освоенные инженером, дают понимание производственных процессов и возможность создавать и контролировать

данные процессов, а также управлять ими. Для полного развития компетенций необходим качественный подход к образованию, полученному инженером. Необходимые знания обучающийся получает на занятиях по преподаваемым дисциплинам. Поэтому для выпуска хороших специалистов преподаватель дисциплины должен ответственно подойти при подаче материала к выбору научных и методических аспектов образования и формированию практической базы знаний у студента. Так, например, на кафедре систем автоматизации производства Аэрокосмического института Оренбургского государственного университета можно увидеть различные стенды и другое оборудование – гибкая производственная система на базе двух станков с компьютерным управлением и учебного робота, квадрокоптеры, 3D-принтеры, контроллеры и микроконтроллеры, роботы (рисунки 1, 2, 3).

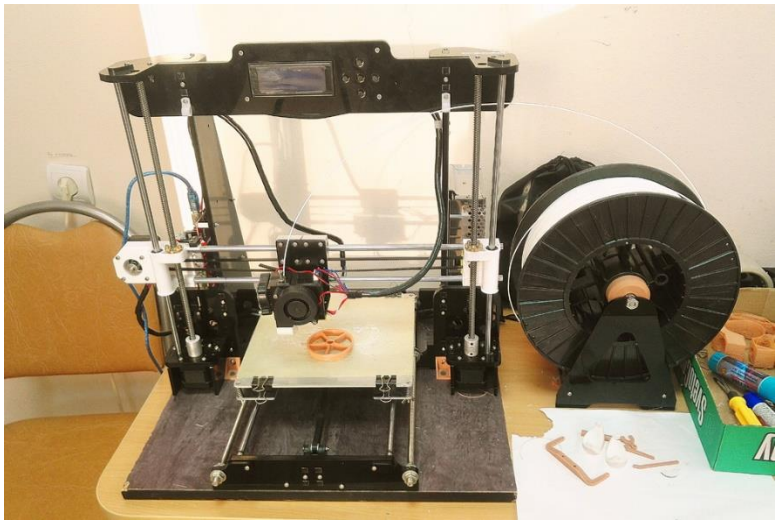


Рисунок 1 – 3D-принтер AnetA8 кафедры систем автоматизации производств

Рисунок 2 – Лаборатория робототехники и технического творчества. Программируемые роботы

Обучающийся может провести свое исследование, используя данное оборудование, тем самым улучшить свои практические знания, которые необходимы при работе на производстве. Одно из таких исследований – это создание системы транспортировки и складирования изделий, изготовленных на одном из 3D-принтеров.

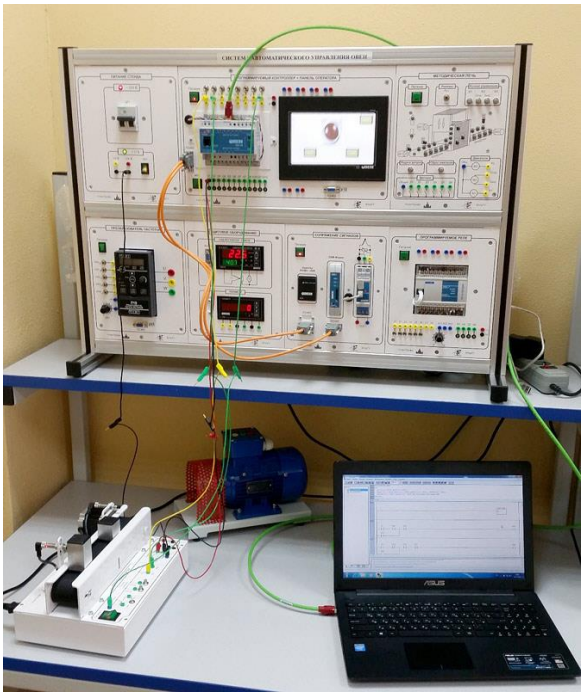


Рисунок 3 – Лабораторный стенд «Система автоматического управления ОВЕН». Исполнение настольное с ноутбуком. САУ-ОВЕН-НН

Складирование изделий является одним из последних этапов производства продукции. После изготовления изделия его нужно упаковать при необходимости, транспортировать и хранить. Согласно исследованию С. В. Слюсаревой несмотря на все нововведения в электронной торговле, интегрированных цепочках поставок, налаженную обратную связь с потребителем, применение технологий just-in-time, логистическая цепочка, соединяющая производство с конечными потребителями, никогда не будет настолько хорошо организована, чтобы полностью исключить складское хранение продукции [3]. Оно напрямую влияет на качество изготавливаемого изделия, ведь качественная транспортировка и хранение позволяют сохранить изделие, а складирование, не учитывающее особенностей изделий, ведет к образованию дефектов и даже к браку изделия. Чтобы учесть все условия хранения, склад может включать в себя несколько типов стеллажей, подходящих под разные типы продукции.

Аддитивное производство предполагает создание изделий как простой, так и сложной формы на 3D-принтере. Аддитивное производство существует уже 40 лет и постоянно развивается. Печать объектов на 3D-принтере

предполагает порционное наслаивание материала послойно, в результате такого «выращивания» получаются твердые объекты разнообразной формы. Объекты 3D печати применяются во всех сферах жизни, например, в медицине (протезы, орган, медикаменты), оборона (создание оружия), строительство зданий. Также есть возможность использовать цветную печать и печать несколькими материалами [4]. Печать на 3D-принтере зачастую используется для мелкосерийного и единичного производств.

Предлагаемая к разработке система автоматизации устроена следующим образом: она содержит в себе 3D-принтеры, осуществляющие изготовление трехмерных изделий путем аддитивного наплавления материала, транспортную тележку, которая осуществляет выгрузку готовых изделий вместе со столами-спутниками и выкладывает их на конвейер, на котором осуществляется временное хранение этих деталей до последующего снятия этих изделий со столов-спутников человеком. Система управления транспортной тележкой и конвейерами определяет готовность изделия по сигналу от 3D-принтера, который в цифровом виде передается от его персональной системы управления к системе управления тележкой.

Конвейер представляет собой замкнутый контур, перегрузка между сегментами которого осуществляется при помощи системы толкателей. Данная система позволяет автоматически, без участия человека, снимать изделия с 3D - принтеров и временно складировать их в буфере, из которого потом человек может в произвольном порядке забирать полученные изделия для сборки изделий. На место снятых деталей в 3D - принтере устанавливаются пустые столы-спутники, которые хранятся в отдельном стеллаже. Этот стеллаж обслуживается транспортной тележкой.

Применение такой системы позволяет использовать 3D-принтеры круглосуточно без простоев на обслуживание, связанных с отсутствием человека на рабочем месте. Задержки, связанные со снятием детали, компенсируются снятием детали при помощи тележки и последующей немедленной установкой стола- спутника, что позволяет сразу же приступить к выполнению следующего задания на печать.

Применение такой системы позволяет наглядно продемонстрировать преимущества использования роботизированных комплексов на производстве, их возможности для применения в разных сферах жизни.

Список литературы

1. Инженерное дело [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инженерное_дело. – 13.01.2023.

2. Развитие проектной компетентности будущих бакалавров инженерных направлений подготовки [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.dissercat.com/content/razvitie-proektnoi-kompetentnosti-budushchikh-bakalavrov-inzhenernykh-napravlenii-podgotovki – 13.01.2023.

3. Слюсарева, С. В. Особенности складирования медицинской продукции / С. В. Слюсарева, А. А. Солдатенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2016. – № 3(18). – С. 113-116. – EDN XHODIJ.

4. 3D-принтер [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер. – 13.01.2023.

5. Материально-техническая база [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.osu.ru/doc/652/kafedra/5229/info/8. – 13.01.2023.

АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ГРАНУЛЯТОРА С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ

Кириленко А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Процесс прессового гранулирования предварительно измельчённых уплотняемых упругопластических материалов, осуществляемый в прессах экструзионного типа, распространён во многих отраслях промышленности [1-6].

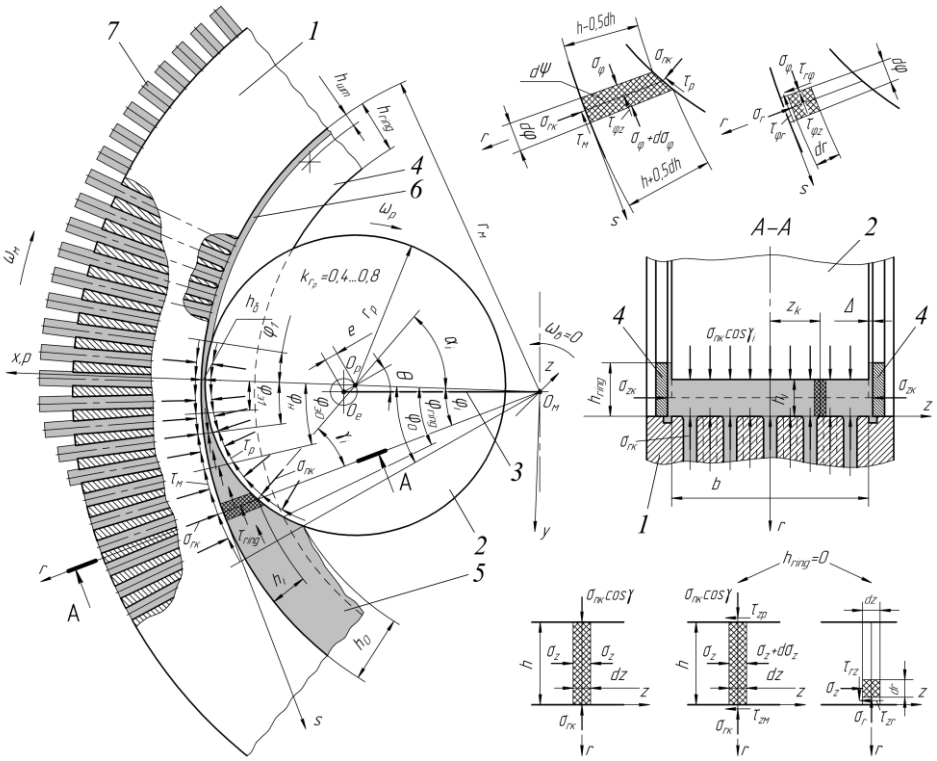
В последние годы значительно расширена область применения вальцово-матричных прессующих механизмов с цилиндрической кольцевой матрицей. Гранулирование многокомпонентных полидисперсных шихт в таких пресс-грануляторах направлено на получение готовой продукции с новыми потребительскими свойствами; подготовку вторичных материальных ресурсов к переработке; изменение структуры полуфабриката на этапе подготовки к основному технологическому процессу; формообразование; получение наполненных материалов или их отдельных компонентов в виде гранул [7].

Нелинейный многопараметрический рабочий процесс в пресс-грануляторе с кольцевой матрицей реализуется в условиях высокого нагружения рабочих органов и остальных компонентов прессующего механизма. Обоснование режимов работы пресс-гранулятора невозможно без полноценного инженерного анализа его конструкции с использованием современных методов математического моделирования сложных технологических объектов. В то же время, как показывает проведённый нами анализ научных документов, известные методики расчёта вальцово-матричных пресс-грануляторов [4, 8-14] построены исходя из упрощённого (без должного обоснования сделанных допущений) описания процесса взаимодействия прессуемого материала с рабочими органами машины и не учитывают ряд существенных факторов. Это не позволяет корректно использовать их при проектировании пресс-грануляторов.

Внутренней характеристикой рабочего процесса является напряжённое состояние прессуемого материала на контактных поверхностях при его движении в рабочих полостях пресса: при внутренней прокатке в клиновидном рабочем пространстве и при экструзии в фильерах матрицы. Для определения производительности, энергетических и силовых характеристик процесса важно корректное описание напряжённо-деформированного состояния прессуемого материала с учётом его реологических свойств, структуры прессующего механизма, геометрии рабочего пространства и кинематических параметров.

Прессующий механизм гранулятора с торцевым ограничением

клиновидного рабочего пространства [15, 16], имеющий кольцевую матрицу радиусом $r_м$ и установленные внутри неё на водиле прессующие ролики (вальцы) радиусом $r_р$, представляет собой фрикционный механизм, показанный на рисунке 1.



1 – кольцевая матрица; *2* – прессующий ролик; *3* – водило прессующих роликов; *4* – торцевой ограничительный элемент; *5* и *6* – начальный слой материала и его остаточная часть; *7* – готовые гранулы

Рисунок 1 – Расчётная схема прессующего механизма пресс-гранулятора с приводной кольцевой матрицей

В соответствии с рисунком 1 введена цилиндрическая система координат $(r,\ \varphi,\ z)$ с полюсом в точке $O_м$, лежащей на оси вращения матрицы. Произвольное *i*-тое поперечное сечение клиновидного рабочего пространства определяется координатой φ_i, задающей угловое положение точек контактной поверхности матрицы. Произвольное *k*-тое продольное сечение определяется осевой координатой z_k в пределах рабочей ширины b.

На основе инженерной теории пластичности [17, 18] в работе [7] получена система приближённых дифференциальных уравнений равновесия (преобразованных из уравнений движения) прессуемого материала в клиновидном рабочем пространстве. Уравнение, задающее изменение сжимающих нормальных тангенциальных напряжений σ_φ, содержит трансцендентную функцию, представленную нами как функцию $Z(\varphi, z)$

конструктивных параметров прессующего механизма (с учётом коэффициентов фактора трения):

$$Z(\varphi,z)=k_b\left(1+\frac{2\Delta_0}{b}\right)\frac{r_{\text{м}}}{h(\varphi)}m_{\text{м}}(\varphi,z)+\sec^2\gamma(\varphi)\left(\frac{r_{\text{м}}}{h(\varphi)}-1\right)\times$$
$$\times m_{\text{р}}(\varphi,z)+\frac{2k_{ring}}{bh(\varphi)}\left(r_{\text{м}}h_{butt}(\varphi)-0,5h_{butt}^2(\varphi)\right)m_{ring}, \quad (1)$$

где $m_{\text{м}}$, $m_{\text{р}}$, m_{ring} – коэффициенты фактора трения для контактных поверхностей матрицы, прессующего ролика и торцевых ограничительных элементов; h – радиальная высота произвольного поперечного сечения клиновидного рабочего пространства, м; h_{butt} – радиальная высота торцевой контактной поверхности слоя материала, м; γ – угол между касательными к окружностям контактных поверхностей матрицы и прессующего ролика в радиальном сечении h, рад; Δ_0 – минимальный торцевой зазор, м; k_{ring} – коэффициент, учитывающий форму торцевого зазора; k_b – коэффициент, определяемый конфигурацией ограничительного элемента с контактной поверхностью, перпендикулярной оси матрицы, наклонной или циклоидальной.

Из анализа геометрии клиновидного рабочего пространства (рисунок 1) для расчёта параметров h и γ определены следующие зависимости:

$$h(\varphi)=r_{\text{м}}\left[1-\sqrt{k_{r_{\text{р}}}^2-\left(k_{r_{\text{м}}}^{-1}\sin\varphi\right)^2}-k_{r_{\text{м}}}^{-1}\cos\varphi\right]; \quad (2)$$

$$\gamma(\varphi)=\arcsin\left(k_{r_{\text{р}}}^{-1}k_{r_{\text{м}}}^{-1}\sin\varphi\right), \quad (3)$$

где $k_{r_{\text{м}}}=\left[1-k_{r_{\text{р}}}-h_\delta/r_{\text{м}}\right]^{-1}$ – отношение радиуса матрицы к межосевому расстоянию $O_{\text{м}}O_{\text{р}}$; $k_{r_{\text{р}}}=r_{\text{р}}/r_{\text{м}}$ – относительный радиус прессующего ролика; h_δ – высота сечения минимального радиального зазора δ в клиновидном рабочем пространстве, м.

Параметр h_{butt} в выражении (1) задаётся исходя из соотношения h_{ring}/h_0:

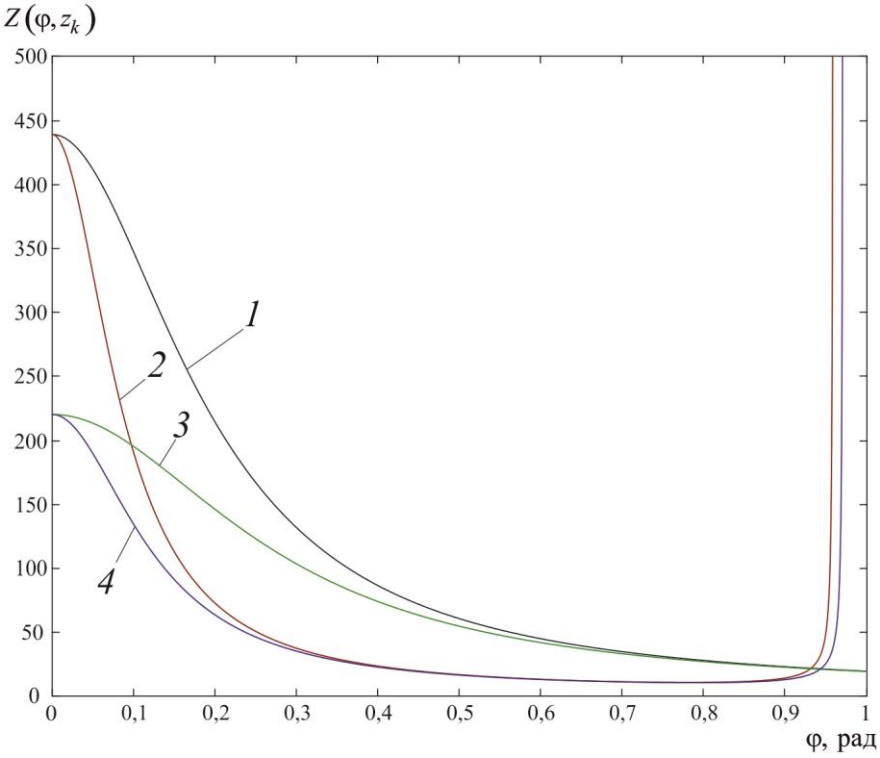
$$h_{butt}(\varphi)=\begin{cases} h(\varphi) \text{ при } \left(h_{ring}/h_0\ge 1\right)\wedge\left(\varphi_1\le\varphi\le\varphi_0\right), \\ h(\varphi) \text{ при } \left(h_{ring}/h_0<1\right)\wedge\left(\varphi_1\le\varphi\le\varphi_{ring}\right), \\ h_{ring} \text{ при } \left(h_{ring}/h_0<1\right)\wedge\left(\varphi_{ring}\le\varphi\le\varphi_0\right), \\ 0 \text{ при } h_{ring}=0 \text{ (нулевое торцевое ограничение)}, \end{cases} \quad (4)$$

где φ_0 и φ_1 – угловые координаты начала и прекращения контакта слоя прессуемого материала с прессующим роликом, рад; φ_{ring} – угол образования замкнутого клиновидного рабочего пространства, рад; h_{ring} – радиальная

высота проекции торцевой контактной поверхности ограничительного элемента на плоскость, перпендикулярную осям вращения рабочих органов, м.

Коэффициенты фактора трения, входящие в функцию (1), при полном торцевом ограничении клиновидного рабочего пространства принимают значения $m_{\text{м}} = 1$, $m_{\text{р}} = 1$, $m_{ring} = 0{,}5$ [7].

На рисунке 2 показан характер изменения функции $Z(\varphi, z)$ конструктивных параметров прессующего механизма на примере пресс-гранулятора с кольцевой матрицей класса малой производительности для случая полного торцевого ограничения клиновидного рабочего пространства.



1 – $h_{\delta} = 0{,}0004$ м, $k_{r_{\text{р}}} = 0{,}8$; *2* – $h_{\delta} = 0{,}0004$ м, $k_{r_{\text{р}}} = 0{,}448$; *3* – $h_{\delta} = 0{,}0008$ м, $k_{r_{\text{р}}} = 0{,}8$; *4* – $h_{\delta} = 0{,}0008$ м, $k_{r_{\text{р}}} = 0{,}448$

Рисунок 2 – Влияние величины минимального радиального зазора и относительного радиуса прессующего ролика на изменение функции конструктивных параметров прессующего механизма с кольцевой матрицей

Решение дифференциального уравнения равновесия, содержащего функцию $Z(\varphi, z)$, совместно с принятым условием пластичности позволяет представить распределение контактных радиальных напряжений $\sigma_{r\text{к}}$ в тангенциальном и осевом направлениях в виде функций:

$$\sigma_{r\text{к}}(\varphi,z)=-\beta^{-1}\ln\Big\{0{,}5\Big[\exp\big(-\beta\sigma_{r\delta}(z)\big)(1-\operatorname{sgn}\tau)+(1+\operatorname{sgn}\tau)\Big]+$$

$$+\operatorname{sgn}\tau\cdot\mathrm{K}_{\tau_s}\int_{c_1}^{\varphi}Z(\varphi,z)\,d\varphi\Big\},\ \varphi\in\big[0;\varphi_{\text{э}1}(z)\big]\cup\big[\varphi_{\text{э}0}(z);\varphi_0(z)\big]; \qquad (5)$$

$$\sigma_{r\text{к}}(\varphi,z)=\sigma_{l_\Sigma}(z)-\beta^{-1}\ln\Big\{1+\operatorname{sgn}\tau\cdot\mathrm{K}_{\tau_s}\exp\big(\beta\sigma_{l_\Sigma}(z)\big)\times$$

$$\times\int_{c_2}^{\varphi}\Big\{Z(\varphi,z)\big[\operatorname{sgn}\tau\cdot(\varphi-\varphi_{\text{н}}(z))\big]^{m_\tau}\Big\{\big(\varphi_{\text{э}0}(z)-\varphi_{\text{э}1}(z)\big)-\operatorname{sgn}\tau\cdot\Big\{\varphi_{\text{н}}(z)-$$

$$-0{,}5\big[\varphi_{\text{э}0}(z)(1-\operatorname{sgn}\tau)+\varphi_{\text{э}1}(z)(1+\operatorname{sgn}\tau)\big]\Big\}\Big\}^{-m_\tau}\Big\}d\varphi\Big\}, \qquad (6)$$

$$\varphi\in\big[\varphi_{\text{э}1}(z);\varphi_{\text{э}0}(z)\big],$$

где $c_1=0{,}5\big[\varphi_0(z)(1+\operatorname{sgn}\tau)\big]$ и $c_2=0{,}5\big[\varphi_{\text{э}0}(z)(1+\operatorname{sgn}\tau)+\varphi_{\text{э}1}(z)(1-\operatorname{sgn}\tau)\big]$ – значения нижних пределов интегрирования; $\sigma_{r\delta}$ – нормальное радиальное напряжение в сечении минимального радиального зазора, МПа; σ_{l_Σ} – давление экструзии, МПа; $\varphi_{\text{э}0}$, $\varphi_{\text{э}1}$ и $\varphi_{\text{н}}$ – угловые координаты соответственно верхней, нижней границ и нейтрального сечения зоны экструзии, рад; $\beta>0$ – коэффициент всестороннего давления прессуемого материала, МПа$^{-1}$; $\mathrm{K}_{\tau_s}=\tau_{s0}\beta$ – производный реологический комплекс (τ_{s0}–предел текучести прессуемого материала на сдвиг под действием атмосферного давления, МПа); m_τ – показатель степени нелинейности тангенциальных составляющих контактных касательных напряжений; $\operatorname{sgn}\tau=-1$ – для зоны опережения и примыкающей к ней нижней части зоны экструзии; $\operatorname{sgn}\tau=0$ – в нейтральном сечении; $\operatorname{sgn}\tau=+1$ – для зоны отставания и примыкающей к ней верхней части зоны экструзии.

В уравнении (5) функция конструктивных параметров $Z(\varphi,z)$ является непосредственно подынтегральной функцией, а в уравнении (6) – частью подынтегрального выражения. Определённые интегралы в уравнениях (5) и (6) находятся численным интегрированием, так как соответствующие им неопределённые интегралы не выражаются через элементарные функции.

Координаты границ зоны экструзии $\varphi_{\text{э}0k}=\varphi_{\text{э}0}(z_k)$ и $\varphi_{\text{э}1k}=\varphi_{\text{э}1}(z_k)$ при известном значении $\sigma_{l_\Sigma k}=\sigma_{l_\Sigma}(z_k)$ рассчитываются численно из уравнения (5) путём их подстановки в верхний переменный предел интегрирования, причём $\sigma_{r\text{к}}(\varphi_{\text{э}0k},z_k)=\sigma_{r\text{к}}(\varphi_{\text{э}1k},z_k)=\sigma_{l_\Sigma k}$. Для определения координаты нейтрального сечения $\varphi_{\text{н}k}=\varphi_{\text{н}}(z_k)$ напряжения, рассчитываемые по формуле (6) при

$\operatorname{sgn}\tau = -1$ и $\operatorname{sgn}\tau = +1$, приравниваются, при этом неизвестная $\varphi_{нk}$ подставляется в верхний переменный предел интегрирования, затем полученное уравнение решается численно относительно $\varphi_{нk}$.

Для упрощения анализа математической модели функционирования прессующего механизма сложную функцию конструктивных параметров в ряде случаев целесообразно заменить аппроксимирующей функцией. Нами установлено, что функцию $Z(\varphi, z)$ без существенного снижения точности определения напряжений и координат граничных сечений в клиновидном рабочем пространстве можно заменить аппроксимирующей экспоненциальной функцией в диапазоне $0 \le \varphi \le \varphi_{0k} = \varphi_0(z_k)$:

$$Z(\varphi, z_k) = A_k \exp(B_k \varphi) + C_k, \quad (7)$$

где $A > 0$, $B < 0$, $C > 0$ – коэффициенты аппроксимации.

Коэффициенты аппроксимации могут быть определены методом наименьших квадратов или с помощью следующих зависимостей. Так, коэффициент C можно оценить из уравнения

$$\frac{\ln\left(Z(\varphi_{0k}, z_k) - C_k\right) - \ln\left(Z(0, z_k) - C_k\right)}{\ln\left(Z(0{,}5\varphi_{0k}, z_k) - C_k\right) - \ln\left(Z(0, z_k) - C_k\right)} = 2, \quad (8)$$

подставив в него рассчитанные по зависимости (1) значения $Z(\varphi, z)$, тогда

$$A_k = Z(0, z_k) - C_k; \quad (9)$$

$$B_k = \varphi_{0k}^{-1}\left[\ln\left(Z(\varphi_{0k}, z_k) - C_k\right) - \ln\left(Z(0, z_k) - C_k\right)\right]. \quad (10)$$

Решив уравнение (5) относительно параметров $\varphi_{э0k}$ и $\varphi_{э1k}$ с учётом выражения (7), получим:

$$\varphi_{э0k} = \varphi_{0k} + \frac{A_k}{B_k C_k}\exp(B_k\varphi_{0k}) + \frac{1}{C_k}\mathrm{K}_{\tau_s}^{-1}\left(\exp\left(-\beta\sigma_{l_\Sigma k}\right) - 1\right) -$$
$$-\frac{1}{B_k}W_0\left\{\frac{A_k}{C_k}\exp\left[B_k\varphi_{0k} + \frac{A_k}{C_k}\exp(B_k\varphi_{0k}) + \frac{B_k}{C_k}\mathrm{K}_{\tau_s}^{-1}\left(\exp\left(-\beta\sigma_{l_\Sigma k}\right) - 1\right)\right]\right\}; \quad (11)$$

$$\varphi_{э1k} = \frac{A_k}{B_k C_k} - \frac{1}{C_k}\mathrm{K}_{\tau_s}^{-1}\left(\exp\left(-\beta\sigma_{l_\Sigma k}\right) - \exp\left(-\beta\sigma_{r\delta k}\right)\right) -$$
$$-\frac{1}{B_k}W_0\left\{\frac{A_k}{C_k}\exp\left[\frac{A_k}{C_k} - \frac{B_k}{C_k}\mathrm{K}_{\tau_s}^{-1}\left(\exp\left(-\beta\sigma_{l_\Sigma k}\right) - \exp\left(-\beta\sigma_{r\delta k}\right)\right)\right]\right\}, \quad (12)$$

где $W_0(\ldots)$ – W-функция Ламберта [19].

Координата нейтрального сечения $\varphi_{нk}$ при использовании выражения (7) может быть определена при найденных значениях $\varphi_{э0k}$ и $\varphi_{э1k}$ из уравнения, в котором $m_\tau = 0{,}5j$ ($j \in \mathbb{Z}_+$):

$$A_k \exp\left(B_k \varphi_{нk}\right)\Big\{\left(-B_k\right)^{-m_\tau-1}\left[\Gamma\left(m_\tau+1, -B_k\left(\varphi_{э0k}-\varphi_{нk}\right)\right)-\Gamma\left(m_\tau+1\right)\right]\times$$
$$\times\left(\varphi_{э0k}-\varphi_{нk}\right)^{-m_\tau} - B_k^{-m_\tau-1}\left[\Gamma\left(m_\tau+1, B_k\left(\varphi_{нk}-\varphi_{э1k}\right)\right)-\Gamma\left(m_\tau+1\right)\right]\times \quad (13)$$
$$\times\left(\varphi_{нk}-\varphi_{э1k}\right)^{-m_\tau}\Big\} - C_k\left(m_\tau+1\right)^{-1}\left[\left(\varphi_{э0k}-\varphi_{нk}\right)-\left(\varphi_{нk}-\varphi_{э1k}\right)\right]=0.$$

Функция $Z(\varphi, z)$ конструктивных параметров прессующего механизма является важнейшей составляющей математической модели взаимодействия слоя прессуемого материала с контактными поверхностями рабочих органов в клиновидном рабочем пространстве, отражает структуру механизма и его геометрические параметры. Для упрощения решения ряда задач при исследовании закономерностей влияния напряжённого состояния, возникающего в рабочем пространстве, на производительность, интегральные энергетические и силовые характеристики процесса предусматривается возможность замены точной функции $Z(\varphi, z)$ аппроксимирующей экспоненциальной функцией, что должно быть отражено в методике расчёта прессующего механизма пресс-гранулятора с кольцевой матрицей.

Список литературы

1. Pietsch, W. B. Agglomeration Processes. Phenomena, Technologies, Equipment / W. B. Pietsch. Weinheim: Wiley-VCH, 2002, 614 p.

2. 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.

3. Классен, П. В. Основы техники гранулирования (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / П. В. Классен, И. Г. Гришаев. – М.: Химия. – 1982. – 272 с.

4. Кучинскас, З. М. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов / З. М. Кучинскас, В. И. Особов, Ю. Л. Фрегер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 208 с.

5. Ciolkosz, D. Farm-Scale Biomass Pelletizer Performance for Switchgrass Pellet Production / D. Ciolkosz, R. Hilton, C. Swackhamer, H. Yi et al. // Applied Engineering in Agriculture, 2015, iss. 31 (4), pp. 559-567.

6. Pelletizing [Электронный ресурс] // Desmet Ballestra Stolz. – Режим доступа: http://stolzsa.com/sites/default/files/catalogos/en/procesos/gb_pelletizing.pdf (дата обращения: 01.05.2022).

7. 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.

8. Особов, В. И. Машины для брикетирования растительных материалов / В. И. Особов. – М.: Машиностроение, 1971. – 112 с.

9. 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.

10. Карташов, Л. П. Системный синтез технологических объектов АПК / Л. П. Карташов, В. Ю. Полищук. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 187 с.

11. Payne, J. The Pelleting Handbook / J. Payne, W. Rattink, T. Smith, T. Winowiski. Sarpsborg, Norway: Borregaard Lignotech, 2001, 73 p.

12. Назаров, В. И. Особенности разработки процесса прессового гранулирования биотоплива на основе древесных и растительных отходов / В. И. Назаров, И. А. Булатов, Д. А. Макаренков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 2. – С. 35-39.

13. Мюллер, О. Д. Теоретические основы упругопластического деформирования мелкодисперсных сред // О. Д. Мюллер, В. И. Мелехов, В. И. Малыгин//Вестник машиностроения. – 2015. – № 9. – С. 52-58.

14. The Pelleting Process [Электронный ресурс] // California Pellet MillCo. – Режим доступа: http://cpm.net/downloads/Animal%20Feed%20Pelleting.pdf (дата обращения: 01.05.2022).

15. Кириленко, А. С. Повышение производительности пресс-грануляторов путём ограничения рабочего пространства дополнительными контактными поверхностями / И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – № 5-6. – С. 78-81.

16. Пат. RU 2412819 C1, МПКВ 30 В 11/20, В 28 В 3/18. Пресс-гранулятор / И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко. – № 2009145789/02; заявл. 09.12.2009; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 10 с.

17. Унксов, Е. П. Инженерная теория пластичности. Методы расчёта усилий деформирования / Е. П. Унксов. – М.: Машгиз, 1959. – 328 с.

18. Друянов, Б. А. Прикладная теория пластичности пористых тел / Б. А. Друянов. – М.: Машиностроение, 1989. – 168 с.

19. Дубинов, А. Е. W-функция Ламберта и её применение в математических задачах физики / А. Е. Дубинов, И. Д. Дубинова, С. К. Сайков. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2006. – 160 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Коваль С.Ю., Захаров И.С., Калинина И.С., канд. техн. наук,
Припадчев А.Д., д-р. техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

3D-печать активно используется в аэрокосмической отрасли для изготовления прототипов, деталей двигателей и оснастки. Ее применение позволяет производителю удешевить продукцию, повысить ее эксплуатационные характеристики, а также значительно сократить время изготовления отдельных изделий. К аддитивным технологиям так или иначе обращаются все крупные компании, связанные с аэрокосмическим производством.

Ракетостроение является сферой авиационно-космического машиностроения, в которой точность расчетов и, особенно, изготовления напрямую влияет на работоспособность и надежность изделия. На сегодняшний день точность изготовления, во многом, обеспечивается применением станков с ЧПУ. Однако, точность изготовления не может обеспечить полностью все критерии, заложенные в конструкторскую документацию. Иногда, сложность геометрических форм детали (или банальное невозможное расположение заготовки на станке) оставляет всего несколько вариантов для ее изготовления.

С целью изготовления детали, имеющей сложные геометрические формы, нецелесообразные для изготовления на станке, используются два основных метода:

– литье - более дешевый, менее точный и наиболее отработанный метод;

– выращивание - более дорогой (на данной этапе индустриального развития), но более точный и обладающий рядом отличительных характеристик метод.

Выращивание имеет огромное количество положительных сторон для авиа- и ракетостроения, а также потенциал.

Основными критериями к выбору материала при изготовлении деталей в сфере авиа- и ракетостроения являются:

– минимальная масса;

– необходимая прочность и твердость;

– необходимые температурные характеристики;

– безопасность и технологичность.

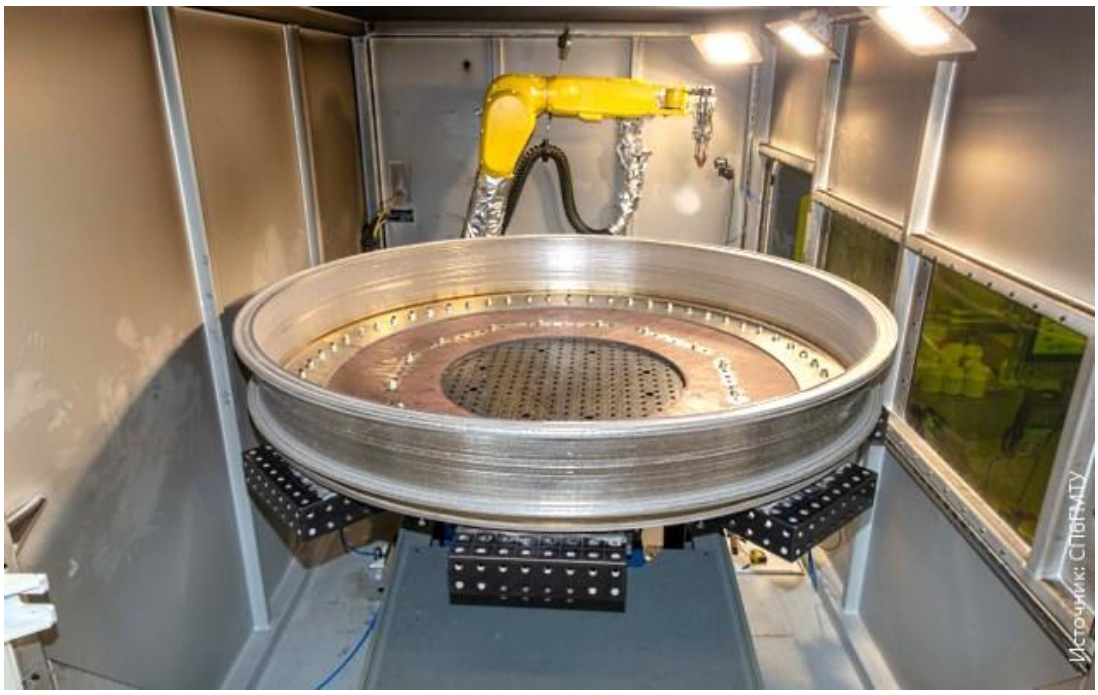


Рисунок 1 – Пример выращенной крупногабаритной детали СПбГМТУ

Выращивание из композитного материала предлагает большой спектр комбинаций из вышеперечисленных свойств в совокупности со следующими преимуществами:

– снижение числа комплектующих частей создаваемого изделия;

– экономия материалов;

– минимизация отходов производства.

При использовании метода выращивания на изготовление детали используется намного меньше материала, чем при традиционном методе изготовления. На изготовление изделий методом выращивания затрачиваются материалы только на саму деталь и на поддержки, необходимые для изготовления методом послойного выращивания.

При изготовлении изделий традиционными методами потери сырья достигают 85%, из-за необходимости введения припусков, вытачивания отверстий из цельного куска материала и т.д.

Одним из наиболее важных преимуществ применения метода выращивания является значительно меньшая масса детали на выходе. Те же самые кронштейны, которые составляют значительную массу ракеты, могут быть изготовлены массой на 50% меньше.

Чуть ли не единственным минусом метода выращивания является его относительно высокая стоимость по причине неосвоенности технологии и по причине дорогостоимости производства и обслуживания оборудования. Но данный минус имеет место быть по причине того, что технология только начинает развиваться.

На данный момент имеется три вектора развития для технологии выращивания:

1. Селективное послойное сплавление лазером

Наиболее освоенный метод выращивания. Сначала формируется равномерный слой порошка на подложке, затем происходит последующее послойное плавление порошка при помощи лазера.

2. Прямое лазерное наращивание

Технология, при которой металлический порошок подается в область спекания через сопло и спекается при помощи лазера.

3. Электронно-лучевая плавка

В данной технологии вместо лазера применяются электроимпульсы, при помощи которых происходит плавление. Печать происходит при высокой температуре в камере. Также особенностью такой печати является получение деталей, которые не нуждаются в последующей термообработке. В результате получается деталь, которая обладает высокой плотностью, что сравнимо с литьем.

Подводя итог вышеперечисленному, можно сделать вывод, что применение метода выращивания в ракетостроении позволяет значительно уменьшить процент брака, увеличить выпускную способность, а также сократить участие человека в процессе производства.

Список литературы

1. Галеев, А.Г. Методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ, основы проведения испытаний и устройства испытательных стендов: монография/ А.Г. Галеев, В.Н. Иванов, А.В. Катенин, В.А. Лисейкин, В.П. Пикалов, А.Д. Поляхов, Г.Г. Сайдов, А.А. Шибанов. –Киров: МЦНИП, 2015. – 436 с.

2. Егорычев, В.С. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги и их характе- ристики: учеб. пособие / В.С. Егорычев, А.В. Сулинов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 128 с.

3. Иванов, А.В. Конструирование жидкостных ракетных двигателей: дипломное проектирование: учеб. пособие / А.В. Иванов, Г.И. Скоморохов, Д.П. Шматов. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 166 с.

ПРОБЛЕМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ И ДИСТАНЦИОННЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор,
Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент,
Корнипаева А.А., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В связи с ускорением темпов внедрения цифровых и дистанционных форм преподавания и обучения в учебных заведениях возникают важные вопросы о будущем образования и какие изменения и планы в области цифровизации понадобятся для успешного обучения студентов в этом будущем.

Несмотря на достоинства использования цифрового и дистанционного обучения в период пандемии и после нее, реализация систематического и долгосрочного планирования не лишена своих проблем.

Часть возникающих проблем носит социальный характер: во-первых, от студента, поступающего на очную форму образования, вправе ожидать (и в общем-то, справедливо) акцента на очном обучении, и существующие принципы преподавания отточены для этой формы обучения, особенно в части практических и лабораторных работ. Таким образом, мгновенный переход к дистанционным формам образования не более чем утопия: изменение формата обучения требует учитывать специфику направлений подготовки. Во-вторых, при широком использовании дистанционных форм занятий необходимо избегать возникновения иллюзий у обучающихся, что подобный формат является синекурой – цифровизация образования требует высокого уровня самодисциплины обучающегося, особенно в том случае, когда студенты с низким доходом вынуждены совмещать учебу с рабочими обязанностями или имеют важные роли в семье, требующие времени и присутствия за пределами учебного заведения.

Решение проблем подобного характера требует более гибкой, гибридной модели образования: необходима гибкость в том, как реализуются методы аттестации, гибкость в том, как проводятся курсы и оцениваются результаты обучения[1].

Традиционные инструменты дистанционного формата образования включают в себя ряд наиболее распространённых средств (рисунок 1):

- внедрение онлайн-курса;
- реализация доступа к учебно-методической литературе;
- перевод средств оценки в тестовый формат и организация автоматизированной системы тестирования.

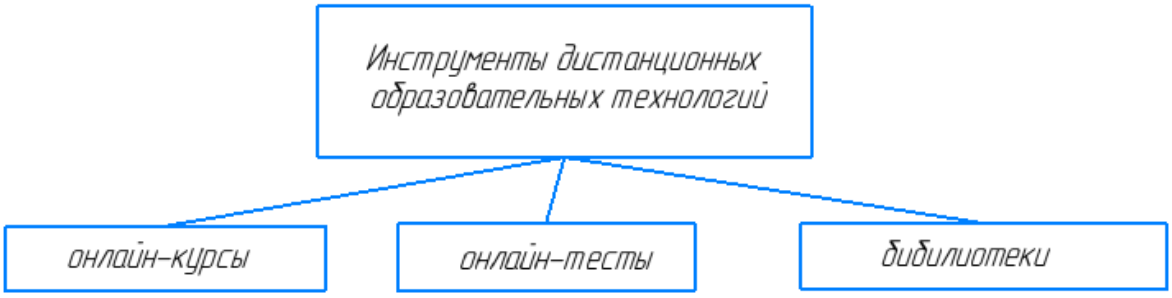


Рисунок 1 – Часто используемые средства при дистанционном обучении

Для повышения эффективности дистанционного и гибридных форм образования можно использовать и внедрять дополнительные инструменты. Здесь можно выделить несколько ключевых направлений:

- анализ использования различных форм обучения;
-расширение возможностей для обмена информацией[2].

Анализ использования различных форм обучения. Рассматривая данные по успеваемости студентов по различным типам форм обучения в целом и сегментарно по каждому цифровому компоненту онлайн-курса, возможно лучше выявить препятствия на пути обучения для гибридных и онлайн-форм обучения, выявить их потребности. Это направление может быть реализовано за счет систематических опросов обучающихся и преподавателей, что не требует больших затрат.

Расширение возможностей для обмена информацией. Переход к дистанционному формату обучения может усложнять взаимодействие между преподавателем и студентом: если при очном занятии происходит мгновенный обмен информацией в режиме «вопрос-ответ» и не представляет сложности устроить «мозговой штурм», создать дискуссию для группы обучающихся, то при онлайн-обучении возможна ситуация, когда приходится ждать ответ на вопрос и нет взаимодействия между обучающимися. Решением этой проблемы может быть использование предметной дискуссионной площадки. Подобные площадки могут выступать как доступный и эффективный инструмент для онлайн-взаимодействия, вовлечения студентов в онлайн-обучение. Помимо функций, непосредственных связанных с задачами обучения активное участие в дискуссиях позволит обучающемуся улучшить навыки социального взаимодействия и критического мышления, научиться анализировать, извлекать и выгоду из мнений и идей других людей, участвующих в дискуссии [3].

С помощью подобных площадок возможно осуществлять практику наставничества по дисциплинам, выполнению курсовых проектов, разделов ВКР, что позволит повысить эффективность и качество обучения. Форма взаимодействия при использовании подобного средства не будет ограничена

ролями «один преподаватель/руководитель/консультант – студент», а возможно равноценное участие в одном обсуждении различных людей, вне зависимости от статуса.

Список литературы

1. John O'Brien, Higher Education in Motion: The Digital and Cultural Transformations Ahead/ O'BrienJ.– 2022. – URL:https://er.educause.edu/articles/ 2022/10/higher-education-in-motion-the-digital-and-cultural-transformations-ahead (accessed date: 10.01.2023).

2. Jamie Reeves, Mark McCormack, 2022 Higher Education Trend Watch Reeves J, McCormack M. – 2022 – URL:https://www.educause.edu/ecar/research-publications/higher-education-trend-watch/2022(accessed date: 10.01.2023).

3. Olena Zhadko, Susan Ko, Online Faculty and Student Mentoring: Building Community and Leveraging Resources/ Zhadko O, Ko S. – 2023. - URL:https://er.educause.edu/articles/2023/1/online-faculty-and-student-mentoring-building-community-and-leveraging-resources(accessed date: 10.01.2023).

О ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

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

Необходимость, связанная с обеспечением импортозамещения на машиностроительном рынке, привела к потребности создания новых и совершенствования существующих процессных подходов с целью обеспечения качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий машиностроительными предприятиями. Задачи, которые в связи этим возникли, связанны с управлением качеством изделий машиностроения, подразумевают проведение системного анализа для выявления, разработки и внедрения лучших практик и стандартов для управления взаимодействием информационными и материальными ресурсами внутри предприятия, а также с внешними организациями. Кроме этого, при производстве конкурентоспособной продукции на машиностроительном предприятии не обходимо системно учитывать и совершенствовать многочисленные, взаимосвязанные нормативно-технические требования и регламенты [1].

Качество изделий (учитывая его новизну, технический уровень оборудования, что влияет на надежность и снижение сбоев при изготовлении) является одним из главных условий конкуренции на современном этапе развития машиностроения [2].

Поэтому на машиностроительном предприятии возникает постоянная необходимость совершенствования системы управления качеством выпускаемых изделий контролируя все этапы жизненного цикла производственного процесса. Это связано с тем, что контроль качества сырья, материалов, изделий осуществляется с целью определения соответствия производимой продукции заложенным техническим характеристикам и параметрам, что влияет на сроки эксплуатации получаемых изделий и позволяет предоставлять определенные гарантийные сроки при поставке организации заказчику. Управление качеством изделий на современном предприятии стало неотъемлемой частью производственного процесса и основное направление ее связно не с выявлением не качественной продукции, а больше на определении отклонения в ходе ее изготовления [3].

Контроль бывает входной, операционный и приемочный. Он осуществляется в тех местах, где вероятность получить брак изделия наиболее высока, или имеются сложные и дорогостоящие процедуры, или после законченного цикла, а также в конце обработки изделий.

Анализируя работу в области обеспечения качества отечественных и зарубежных машиностроительных предприятий, внедрение традиционных

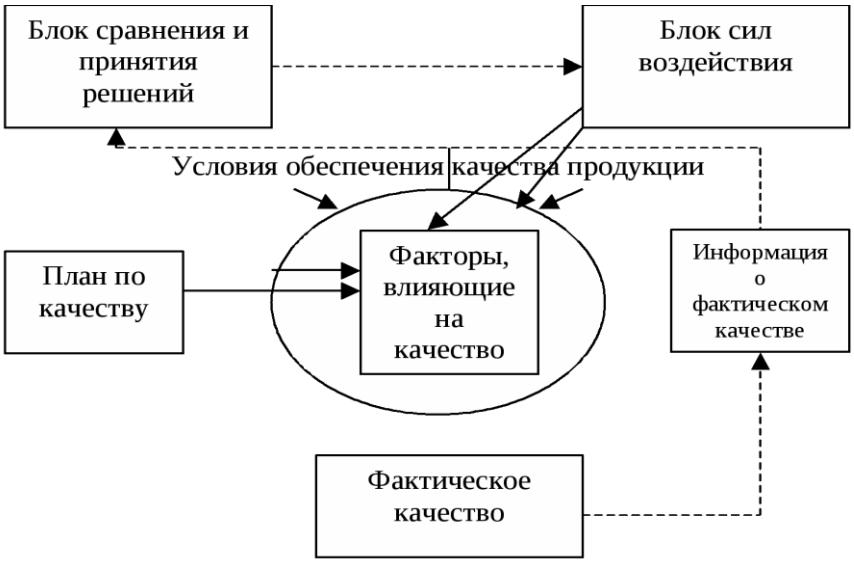
систем менеджмента качества без систем поддержки принятия решений не обеспечивает качественную реализацию процессного подхода, связанного с ориентацией на системное управление взаимосвязанными процессами и различными ресурсами. При этом, также необходимо учитывать дополнительные факторы, которые влияют на качество, а значит и на эффективность производства. Они могут быть связаны с: проводимыми исследованиями в области машиностроения; поставляемым сырьем и материалами; диагностикой, ремонтом и техническим обслуживанием оборудованием; прогрессивностью применяемых технологий; организацией основных работ и производством; квалификацией и другими факторами [4].

В этой связи на современном этапе развития машиностроительного производства актуальной задачей является создание систем поддержки принятия решений при управлении качеством в условиях функционирования интегрированной информационно - технологической среды предприятия.

Схему управления качеством производимых изделий представим шестью основными блоками (рисунок 1). К главным факторам, которые влияют на качество (центральная часть схемы), относятся:

–применяемое производственное оборудование (станки, роботы автоматы и др.);

– профессиональное мастерство, состоящее из знаний, умений и навыков рабочих.



Условные обозначения:
прямая связь ———
обратная связь - - - - -
- - - -

Рисунок 1– Схема управления качеством производимых изделий

Обрамляющие прямоугольник факторов условия обеспечения качества более многочисленны. Их можно связать с:

– процессом производства (трудоемкостью, номенклатурой, интенсивностью, производительностью и другое);

–влиянием окружающей среды в производственном помещении (влажность, температура, освещенность и другое);

–стимулированием производственников (материально или морально);

– морально-психологическим климатом в коллективе;

– уровнем организации рабочих мест и другое.

Проведенный анализ показал, что применение такого подхода способствует более целенаправленному и эффективному обеспечению качества.

Если возникает отклонения от заданных значений качества изделий, то сигнал поступает в блок сравнения и принятия решения, из него результирующий в блок сил воздействия, который влияет или на факторы, или на условия, или одновременно на них воздействует для устранения отклонений. Меры воздействия и их сочетания зависят от характера и величины отклонений качества и от эффективности тех или иных возможных вариантов устранения отклонений.

Таким образом, в работе раскрыта проблема, связанная с учетом различных факторов и взаимосвязи процессов в системе управления качеством. Предложен путь решения проблемы в виде создания системы поддержки принятия решений ориентированной на системное управление взаимосвязанными процессами и ресурсами. В будущем, создание такой системы позволит обеспечить реализацию процессного подхода, соответствующего требованиям стандартов в области управления качеством и информационной поддержкой изделий, что приведет к существенному повышению качества изделий на машиностроительном предприятии.

Список литературы

1. Дубровин А.В. Методика совершенствования информационной поддержки управления качеством жизненного цикла машиностроительной продукции: автореф. дис. канд. техн. наук / А.А. Дубровин. – Москва, 2019.– 23 с.

2. Бузов, Б.А. Управление качеством продукции. Технический регламент, стандартизация и сертификация / Б.А. Бузов.– М.: Академия, 2008.– 176 с.

3. Рыбкина, А.В. Анализ проблем проектирования систем управления качеством предприятий строительной отрасли / А.В. Рыбкина,В.В. Тугов // В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов X Всероссийской конференции. - Оренбург, ОГУ, 2021.- С. 190-193.

4. Ермолаева В.М. Система поддержки принятия решений в управлении состоянием технологического оборудования / В.М. Ермолаева, В.В. Тугов, Н.А. Шумилина // В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. сборник материалов IX всероссийской конференции с международным участием. –Оренбург: ОГУ. – 2019. – С. 190-194.

КОМПОНОВОЧНЫЙ ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Логинов В.А., Поляков А.Н., д-р. техн. наук, профессор,
Каменев С.В., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Форма и размеры мобильной автоматизированной транспортной установки определяются конструктивными и технологическими соображениями. При проектировании ставится задача получить компактную, эстетическую и экономичную конструкцию, что достигается использованием рациональных материалов, оптимальным подбором мощности приводов, использованием современных конструктивных решений, стандартных узлов и деталей при проектировании установки [1].

Отличительной особенностью структуры системы управления промышленного мобильного робота является наличие навигационной системы и преимущественном использовании беспроводного канала связи с стационарными системами управления производством. С точки зрения элементной базы, в промышленной мобильной робототехнике в качестве устройства управления используются программируемые логические контроллеры и промышленные компьютеры [2]. Поэтому в проекте мультифизической машины была разработана структура системы управления промышленного мобильного робота (рисунок 1).

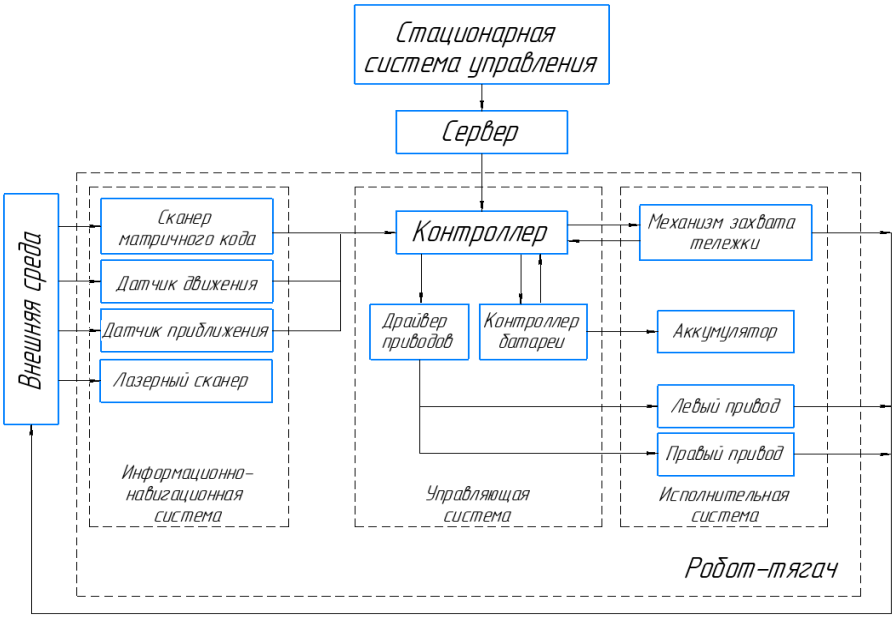


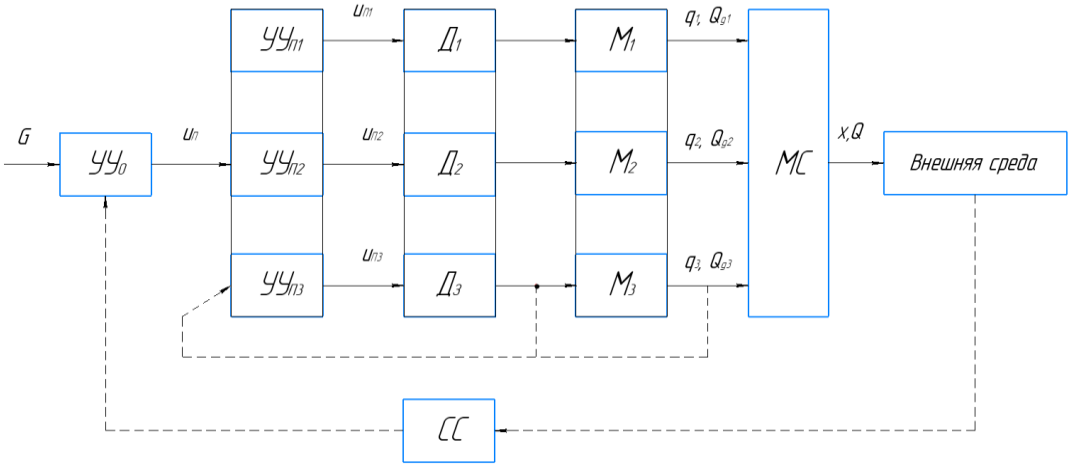
Рисунок 1 – Структура системы управления промышленного мобильного робота

Внедрение модульных принципов разработки делает создание аппаратного обеспечения куда более гибким. В подавляющем большинстве случаев под модулем системы управления понимается законченное устройство: сервопривод, блок ввода-вывода, логический контроллер, которое объединяется с остальными компонентами при помощи информационной сети, как правило, реализованной в виде той или иной полевой шины. Каждый модуль имеет свой функционал и реализующий его набор печатных плат, который может быть изменен только заменой модуля Обзор аппаратно-программного обеспечения систем управления роботов различного масштаба и назначения [3]. Из модулей с одинаковым функционалом создаются типоряды, позволяющие в процессе масштабирования заменить вычислительное устройство на более мощное или при необходимости добавить дополнительный сервопривод.

В процессе разработки функциональной схемы мобильного робота (рисунок 2) была изучена технологическая схема автоматизируемого объекта и определено место расположения всех аппаратных средств объекта. На основе разработанных структурной и функциональной схем, а также проведённого анализа существующих конструкций была выбрана компоновка робота с двумя ведущими независимыми друг от друга колесами. Основу транспортной системы составляет транспортный робот-тягач, разработанная компоновка которого представлена на рисунке 3.

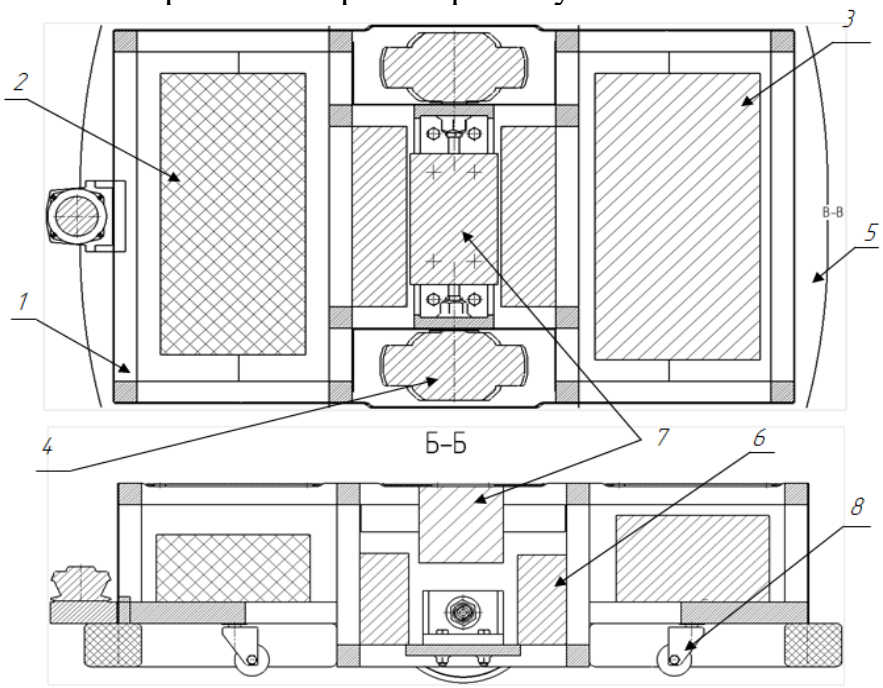
Робот-тягач состоит из несущей части (рамы), на которой закреплены: блок управления; мотор-колеса с прямым приводом; пара драйверов для приводов; модуль захвата тележки; четыре вспомогательных свободновращающихся колеса.

Для обеспечения безопасности в передней и задней части робота располагаются бамперы из мягкого материала.



УУо – общее устройство управления (контроллер), УУn – устройство управления приводом, Д – приводные колеса, М – механизм, МС – механические системы (манипуляционная и передвижения), СС – сенсорные системы

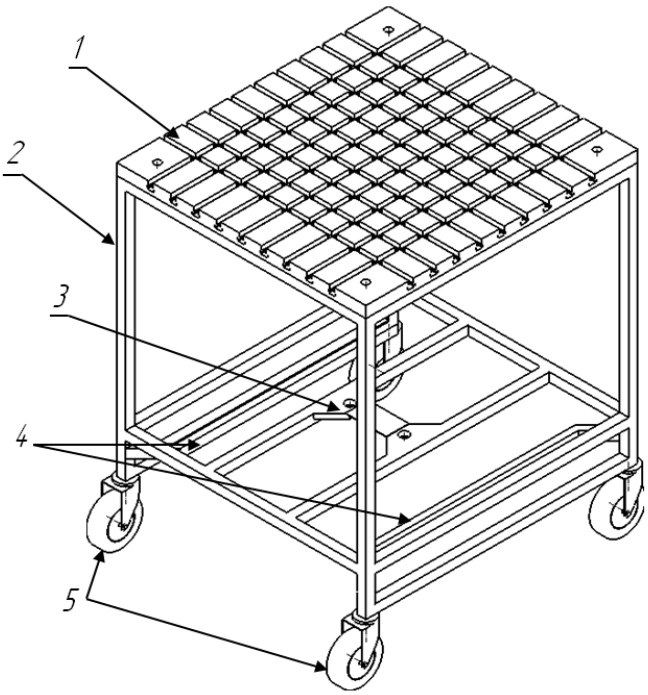
Рисунок 2 − Функциональная схема управления мобильной автоматизированной транспортной установкой



1 – несущая часть (рама), 2 – блок управления, 3 – аккумулятор, 4 – мотор-колесо с прямым приводом, 5 – бампер, 6 – драйвер привода, 7 – модуль захвата тележки

Рисунок 3 − Компоновка транспортного робота-тягача

Следующим звеном, входящим в состав мобильной автоматизированной транспортной установки, является транспортируемая тележка, компоновка которой представлена на рисунке 4.



1 – плита, 2, – несущая часть (рама) 3 – ответная часть для захвата, 4 – направляющие, 5 – колеса

Рисунок 4 − Компоновка транспортного робота-тягача

Такое разбиение на узлы позволило более правильно сконструировать каждый из них. Так же это позволило избежать перегрузки деталями, которые в итоге не несли бы никакой полезной функции.

В дальнейшем планируется создать трёхмерную модель будущей установки на основе разработанной компоновочной схемы установки, а также провести инженерный анализ конструкций.

Список литературы

1. Аббясов В. М. Задачи выбора компоновки роботизированного технологического комплекса /В.М. Аббясов., И. В. Бухтеева., О. Б. Бавыкин.// ИВД. – 2015. – №1-1. – С. 67-72.

2. Шаповалов, И.О. Применение групп мобильных роботов в сложных транспортных задачах /И. О. Шаповалов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 2. – С. 141-146.

3. Лопота А.В. Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем./А.В. Лопота., Е.И. Юревич // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – С.98-103.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Магдин А.Г., канд. техн. наук, доцент,
Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Магдина Т.А., Жамбаулов М.С., Дюсегалиев Р.М., Псянчина Р.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автоматизированный осмотр летательных аппаратов в основном направлен на автоматизацию процесса визуального контроля, обычно выполняемого авиационными инженерами, на обнаружение дефектов, которые видны на обшивке самолета и обычно являются структурными дефектами: вмятины, повреждения от удара молнии, дефекты краски, дефекты крепежа, коррозию и т.д.

Автоматическое обнаружение дефектов может производиться с помощью системы на базе дронов, которая способна сканировать самолет, обнаруживать широкий спектр дефектов и классифицировать их за очень короткое время.

Другими альтернативами могут быть датчики в интеллектуальном ангаре или на перроне аэропорта. Автоматизация процесса визуального контроля летательных аппаратов может оказать значительное влияние на современные летные операции с многочисленными преимуществами. Компьютерное зрение и автоматизация нейросетей также используются во всех сферах общества, подробная информация об областях применения компьютерного зрения и нейросетей в таблице 1.

Таблица 1 – Область применения компьютерного зрения и нейросетей

Отрасль	Практическое применение
Аэрокосмическая	Автопилотирование, моделирование траектории полета и т.д.
Автомобильная	Автомобильная система автоматического управления
Банковское дело	Оценка заявки на кредит
Телекоммуникации	Сжатие данных, перевод речи в режиме реального времени
Транспортная	Проектирование маршрутов
Электроника	Управление технологическими процессами, анализ отказа чипа, синтез голоса

Необходимо обратить внимание на относительную безопасность и экономичность. Датчики на борту дрона могут быстро достигать труднодоступных мест, таких как поверхности управления полетом расположенных на крыльях и оперении, что приводит к уменьшению времени проверки. Это, в свою очередь, может ускорить процесс диагностики инженером и саму подготовку, поскольку специалистам потребуется тяжелое, громоздкое оборудование и специальный ангар.

Обнаружение дефектов будет намного точнее и быстрее по сравнению с текущим процессом визуального контроля (схема которой представлена на рисунке 1). Например, операторам требуется от 8 до 12 часов, чтобы определить повреждения от удара молнии с использованием тяжелого оборудования, такого как трапы. Процесс может быть ускорен на 75%, если используется автоматизированная система на базе дронов [4]. Такая экономия времени может освободить авиационных инженеров от скучных задач и заставить их сосредоточиться на более приоритетных задачах. Это особенно важно, учитывая прогнозируемую потребность в авиационных инженерах в различных регионах мира, которая составляет 769 000 человек на период 2019-2038 годов, согласно недавнему исследованию компании, Boeing [3].

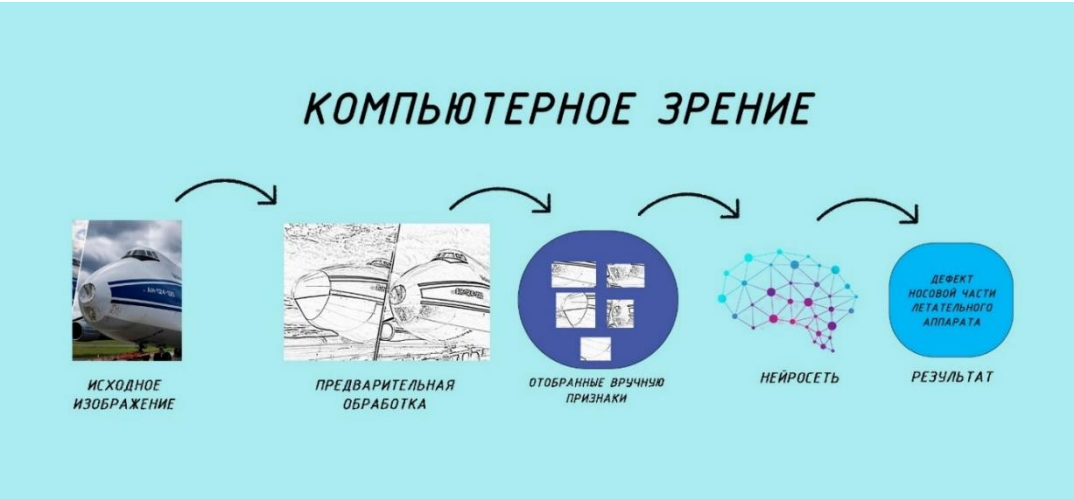


Рисунок 1 – Схематичное представление компьютерного зрения

Если набор данных, используемый нейросетью, аннотируется командой экспертов, которые должны были прийти к консенсусу о том, что является повреждением, а что нет, тогда обнаружение дефектов будет намного более объективным. Следовательно, вариативность оценок эффективности различными инспекторами будет значительно снижена, в то время как нейросеть будет постоянно учиться, запоминая различные повреждения (от маленьких до больших вмятин как показано на рисунке 2).

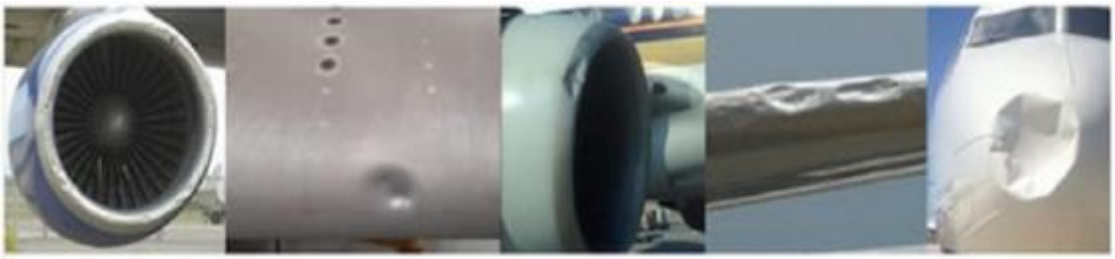


Рисунок 2 – Различные размеры вмятин, используемые при обучении модели

Кроме того, будут предотвращены человеческие ошибки, такие как неспособность обнаружить критические повреждения (например, из-за усталости или нехватки времени). Это особенно важно, учитывая повторяющийся характер таких инцидентов. Например, Австралийское бюро безопасности на транспорте (ATSB) недавно сообщило о серьезном инциденте, в котором значительное повреждение горизонтального стабилизатора осталось незамеченным во время проверки и было обнаружено только 13 рейсов спустя [8]. А также было показано, что модель способна обнаруживать вмятины, которые были пропущены экспертами в процессе аннотирования [2].

Компьютерное зрение меняет область визуальной оценки практически во всех областях. Это неудивительно, учитывая быстрое развитие и растущую популярность этой области. Например, ошибка при обнаружении объекта машиной снизилась с 26% до 3% пять лет [5]. Поэтому классификация изображений стала относительно простой задачей для решения, учитывая, что имеется достаточно данных для глубокого обучения модели.

Компьютерное зрение успешно применяется в сочетании с дронами в области гражданской инфраструктуры [9]. Этот подход позволяет операторам оценивать состояние критической инфраструктуры, такой как мосты и плотины, без необходимости физического присутствия там. Основная цель - автоматическое преобразование изображений или видеоданных в полезную информацию [6]. Обзор недавних приложений, которые решают проблему оценки состояния гражданской инфраструктуры, можно разделить на две основные категории. Первая категория – инспекция, которая занимается выявлением повреждений в конструктивных элементах, таких как трещины и коррозия [1], и обнаружением отклонений от эталонных изображений. Вторая категория - мониторинг, который фокусируется на статическом измерении деформации и смещения, а также на динамическом измерении смещения для анализа модели. На сегодняшний день разработали автоматизированную систему, основанную на глубоком обучении, которая обнаруживает повреждения поверхности лопасти ветряной мельницы. Более подробно ознакомиться с преимуществами и недостатками такого вида диагностики можно в таблице 2.

Разработка системы визуального контроля с глубоким обучением может быть завершена путем проведения автономных экспериментов в условиях строго контролируемой среды; однако еще предстоит пройти долгий путь до получения готового к развертыванию решения в сфере авиации и последующего его масштабирования.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика ручной диагностики ЛА и с помощью нейросетей

Параметр	Ручная диагностика	Нейросетью
Точность диагностики	При диагностике можно опираться на большой опыт специалистов, где в той или иной мере могут приняты меры для более быстрой устранение проблемы с ЛА.	Точность высокая, но нейросети нужно обучить распознавать их это большой трудоемкий технологический процесс.
Скорость диагностики	Поскольку инженерам потребуется тяжелое оборудование для более тщательного контроля. Время контроля значительно увеличивается в два-три раза.	Сокращение времени проверки и проверки: датчики на борту дрона могут быстро достигать труднодоступных мест, таких как крыльях и оперении. Это, в свою очередь, может сократить часы работы и время подготовки.
Стоимость	От 600.000 рублей и выше	От 1 млн. руб и выше

Способ диагностики ЛА, основные нюансы которого были рассмотрены в статье, в условиях импортозамещения можно использовать в серийном производстве [7].

Уровень общественного прогресса и быстро растущая в сложившейся ситуации необходимость в точном оборудовании на частных и государственных предприятиях, являются главными мотиваторами к разнонаправленным исследованиям и их характерным совершенствованиям в области обслуживание ЛА.

Главные достоинства данного метода обнаружения дефектов в ЛА заключаются в следующем:

– сокращение времени принятия решения: обнаружение дефектов будет намного точнее и быстрее по сравнению с текущим процессом визуального контроля;

– объективная оценка ущерба и сокращение человеческих ошибок: если набор данных, используемый нейросетью, обрабатывается командой экспертов, которые должны были прийти к выводу о том, что является повреждением, а что нет, тогда обнаружение дефектов будет намного более объективным;

– сокращение инцидентов, связанных с безопасностью полетов, и затрат: инженерам больше не нужно будет работать на высоте или подвергать себя воздействию опасных зон, например, в случае опасных условий полета или присутствия токсичных химикатов это также привело бы к значительной экономии средств индивидуальной защиты.

На основании выполненного обзора определено, что на сегодняшний день данный метод выявления дефектов на ЛА при помощи нейросети встречается очень редко как в теории, так и на практике ввиду своей узкой специализации на производстве и сложности обработки данных полученных с дронов. Научная новизна состоит в том, что в проделанной работе проводится систематизация имеющихся данных обработки информации и моделирование обнаружения дефектов на различных частях летательного аппарата, поскольку существующие исследования практически не рассматривают нейросети. Кроме того, в литературе редко встречаются труды, посвященные детальному анализу заявленной проблемы. Описанные в статье преимущества обслуживания летательных аппаратов посредством дронов являются убедительным аргументом для развития и последующего введения в широкую эксплуатацию данных систем, основанных на принципе совмещенного использования дронов и программ для обработки данных.

Список литературы

1. Бабкин В.И., Скибин В.А., Солонин В.И. Вклад ЦИАМ в инновационное развитие авиационного двигателестроения // Научнотехнический журнал «Двигатель». 2012. №1. С. 47.

2. Груздов В.В. Контроль новых технологий в твердотельной СВЧ-электронике / В.В. Груздов, Ю.В. Колковский, Ю.А. Концевой. – М.: Техносфера, 2016. – 328 с.

3. Друки А.А. Применение свёрточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном // Изв. ТПУ. – 2014. – Т. 324, № 5. – С. 85–92.

4. Изотов П.Ю. Технология реализации нейросетевого алгоритма в среде CUDA на примере распознавания рукописных цифр / П.Ю. Изотов, С.В. Суханов, Д.Л. Головашкин // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34, № 2. – С. 243–251.

5. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6. М.: ДИАЛОГМИФИ, 2002. 496 с.

6. Нейрокомпьютеры в авиации / Баранов С.И., Валеев С.С., Васильев В.И. [и др.]. М.: Радиотехника, 1997. 496 с.

7. Надежность и техническая диагностика. Контроль и диагностирование авиационных силовых установок: учебное пособие / Горский А.И., Коршенко В.Н., Евдокимов А.И. [и др.]. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2007. 116 с.

8. Пауль Нейронная сеть – обучение ИНС с помощью алгоритма обратного распространения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://robocraft.ru/blog/algorithm/ 560.html, свободный (дата обращения: 20.05.2019).

9. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

ЗАДАЧА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

Актуальность. В настоящее время аддитивные технологии активно развиваются в промышленном производстве. Это обусловлено возможностью изготавливать сложные изделия, необходимые в разных областях человеческой деятельности. Одним из перспективных видов 3Dпечати являет технология SLM–это технология изготовления металлических изделий при помощи плавления порошковых составов лазером. Данная технология позволяет изготавливать металлические изделия высокой точности и плотности, оптимизировать конструкцию и снизить вес производимых деталей. Селективное лазерное плавление находит применение в промышленности для изготовления: компонентов разнообразных агрегатов и узлов, конструкций сложной формы и структуры, включая многоэлементные и неразборные штампы, деталей прототипов, пресс-форм, ювелирных изделий, робототехники, авиационной и космической промышленности, а так же изготовление имплантатов и протезов в медицине и стоматологии [4].

1. Проблемы SLM печати

Разработка специализированных 3D моделей SLM печатью в промышленных сферах требует особого внимания из-за дороговизны оборудования, его обслуживания и высокой стоимости сырья, а также сложности процесса изготовления. Поэтому важно по максимуму свести количество брака к минимуму [1].

Проблемы аддитивных технологий SLM начинаются на этапе выбора и закупки сырья для 3D печати, от его качества зависят время службы изготавливаемого изделия и его физические показатели.

Одной из проблем с которой встречаются в аддитивном производстве является образование пористости, она возникает, как правило, из-за использования некачественного сырья. Пористость снижает усталостные характеристики и механические свойства получаемых изделий, а также снижает пластичность металла. Чтобы избежать проблем с пористостью следуют тщательно относиться к выбору и закупке сырья [2].

Как правило, металлические детали после 3D-печати должны пройти некоторую постобработку: удаление порошка, термообработку, удаление поддерживающих структур, финишную обработку. Наибольшую проблему

представляет процесс удаления поддерживающих структур, так как поддержки удаляются вручную и на детали могут быть области со сложным доступом для их удаления. Для решения данной проблемы детали перед печатью подвергаются оптимизации конструкции, чтобы избежать лишнего объема поддерживающих структур. Чтобы удалить шероховатость на поверхности изделия используется шлифовка и полировка [2].

Еще одной существенной проблемой является наличие остаточного напряжения металла после его печати. Остаточное напряжение образуется во время процесса 3D-печати, чаще всего, это связанно со сложностью, высокой скоростью печати и неравномерном охлаждении детали. Для снятия остаточного напряжения используют термообработку. Если пренебречь термообработкой металла, то с большой долей вероятности могут возникнуть проблемы, связанные с деформацией изготовленного изделия и появлению трещин. А также термообработка позволяет увеличить физические свойства и срок службы металла [2].

Для наиболее эффективного снятия напряжения металла используется вакуумная печь. Её выбор обусловлен возможностью выкачивать воздух во время процесса термообработки напечатанного изделия. Это позволит избежать проблем с коррозией металла и излишнем содержанием воздушных примесей [3].

2. Цифровой двойник

Для корректности и точности анализа данных необходимо разработать цифровой двойник. Цифровой двойник - система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями. Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия. В нашем случаи, цифровым двойником выступает процесс термообработки металла. Используя данный подход термообработки, позволит оптимизировать процесс снятия напряжения для изготавливаемых деталей и сведет к минимуму вероятность образования дефектов при термообработке металла, за счет возможности прогнозирования результата.

Цифровой (виртуальный) испытательный полигон –это система, в общем случае состоящая из технических средств, программного, методического и организационного обеспечения и квалифицированного персонала, предназначенная для проведения полигонных испытаний как результата исследования свойств цифровой модели (или цифрового двойника) объекта испытаний. Цифровая модель для проведения полигонных испытаний должна обеспечивать испытания объекта в условиях, близких к условиям эксплуатации объекта [5].

Для решения поставленных задач был разработан прототип цифрового двойника процесса термообработки металла после 3D печати. Прототип представлен на рисунке 1.

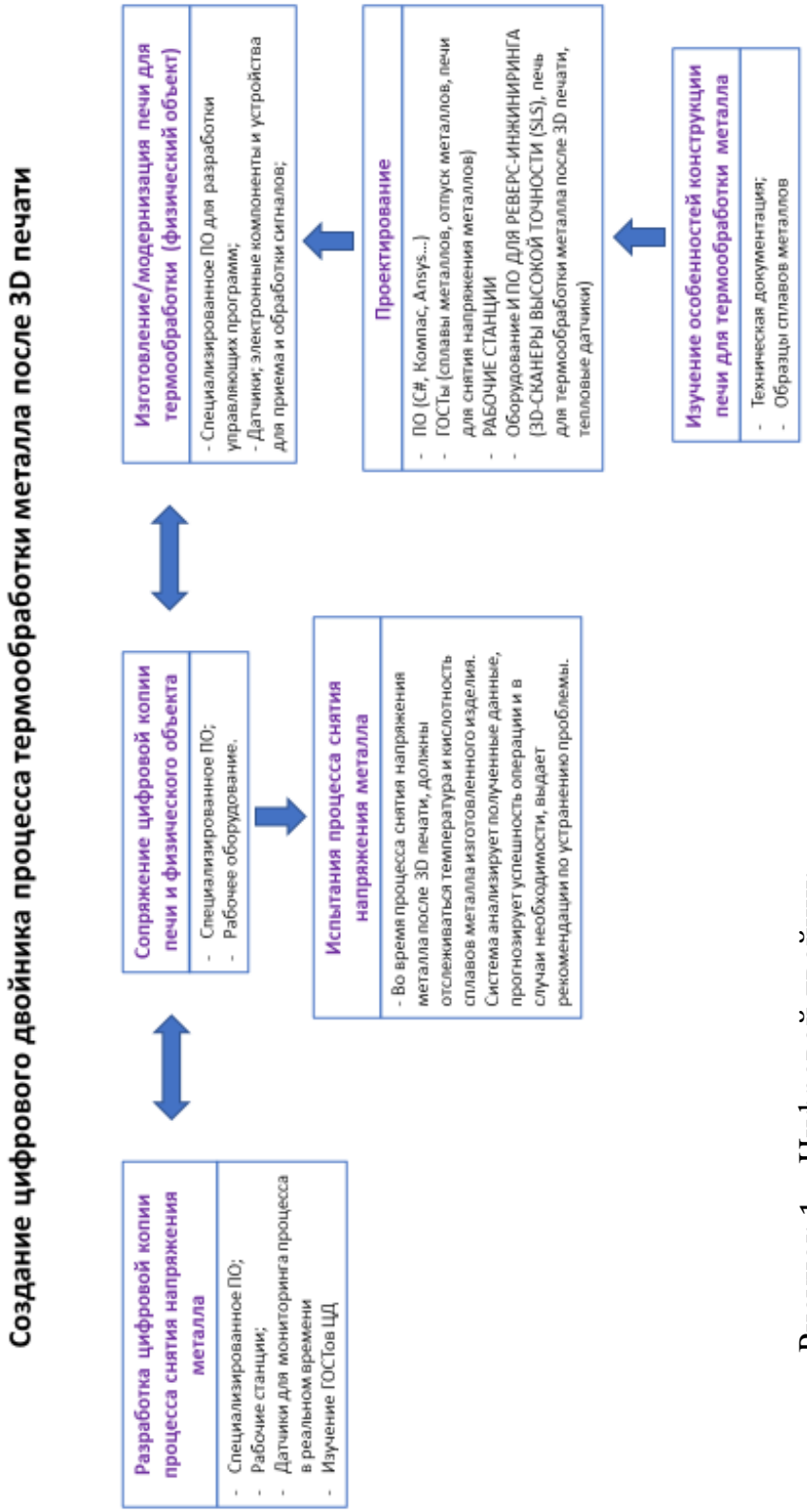


Рисунок 1 – Цифровой двойник

Цифровой двойник процесса термообработки для изготовленных деталей после 3D-печати состоит из цифровой копии и сопряжения цифровой копии печи и физического объекта. Для более наглядной демонстрации процесса на рисунок 1 так же был включен физический объект и его составляющие.

Блок – цифровая копия «Разработка цифровой копии процесса снятия напряжения металла» состоит из специализированного программного обеспечения, рабочих станций, датчиков мониторинга процессов в реальном времени и ГОСТов цифрового двойника. Данный блок является цифровой копией физического объекта, в нашем случаи, это печь термообработки металла. Именно здесь, отражается информация и состояние процесса термообработки изделий после печати на 3D–принтере, посредством специализированного интерфейса.

Блок – «Сопряжение цифровой копии печи и физического объекта» состоит из таких элементов, как специализированное программное обеспечение и рабочее оборудование. Также этот блок имеет ответвление в «Испытания процесса снятия напряжения металла», на этом этапе системой осуществляется сбор и анализ процесса термообработки металла с помощью датчиков, установленных в печи. Система способна не только отображать состояние процесса в реальном времени, но и анализировать исход операции. Это позволяет минимизировать риски связанные с вероятностью возникновения брака, а также избежать проблем с дополнительными затратами на производство.

Блок – «Изготовление/модернизация печи для термообработки (физический объект)» не является цифровым двойником, но он необходим для его создания. Так как построение цифрового двойника осуществляется по подобию физического объекта. Для того, чтобы построить требуемую нам печь необходимо изучить особенности конструкции вакуумных термопечей (техническая документация), а также сплавы металлов, которые предполагаются использоваться для печати и термообработки. Немаловажным этапом в создании печи является проектирование – необходимо определить требуемую архитектуру, компоненты, интерфейс и другие характеристики нашей системы.

Данный цифровой двойник предназначен для отслеживания температуры и кислотности сплавов металла изготовленного изделия. Система в режиме реального времени анализирует получаемые данные, прогнозирует успешность операции и в случаи необходимости, выдает рекомендации по устранению проблемы.

Аддитивные технологии имеют ряд проблем, которые можно избежать, обладая ценным опытом и знаниями о процессе. Детали имеют свои уникальные особенности, для обработки которых требуются обширные познания и опыт в сфере термообработки металла. Незаменимым подспорьем в решении проблем с обработкой выступает цифровой двойник - благодаря

данной технологии возможно не только предвидеть и исключить вероятность брака, но и улучшить процесс термообработки изделия.

Список литературы

1. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с. [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://books.ifmo.ru/file/pdf/1832.pdf

2.Основные проблемы 3D-печати металлом по технологии SLM (Селективного лазерного плавления). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rt-ecat.ru/stati-1/post/osnovnye-problemy-3d-pechati-metallom-po-tehnologii-slm-selektivnogo-lazernogo-plavleniya

3. Осколков А.А., Матвеев Е.В., Безукладников И.И., Трушников Д.Н., Кротова Е.Л. Передовые технологии аддитивного производства металлических изделий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 90–105. DOI: 10.15593/2224-9877/2018.3.11

4. Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А., Аддитивные технологии и изделия из металла, [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nami.ru/uploads/docs/centr_technology_docs/55a62fc89524bAT_metall.pdf

5. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. ГОСТ Р 57700.37— 2021 – Издание официальное. М: Российский институт стандартизации, 2021. – 10с.

ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Пихуля Т.Н.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современном мире роль автоматизации различных процессов деятельности играет важнейшую роль, так как снижение влияния человеческих факторов может отразиться не только на качестве продукции, но и на безопасности производства. Данный фактор особенно важен в машиностроении, где точность, безопасность и скорость выполнения работы играет ключевую роль [1].

Автоматический контроль в машиностроении – процесс контроля над выполнением производственных операций, основанный на частичной или полной замене человеческого труда на механизированные измерительные устройства. К основным задачам автоматического контроля относят сокращение времени, повышение точности, а также устранение субъективности оценки качества, которое имеет место в человеческом контроле.

Применение средств контроля в машиностроении может быть разнообразным, но одним из самых главных показателей таких приборов является их цена, точность, скорость выполнения операций. Если производство является единичным, то зачастую используются приборы так называемого «сплошного» контроля, такие как штангенприборы, микрометрические приборы, мерительные головки, индикаторы и т. д. Если же организация занимается серийным выпуском деталей, то такой способ не подойдет, поэтому появляется необходимость в автоматических и полуавтоматических приборах [2].

Существуют различные методологии и направления автоматического контроля, поэтому приборы можно классифицировать по следующим признакам:

– по методу измерения;

– по характеру воздействия на технические процессы;

– по степени автоматизации.

Каждый из признаков также имеет свою классификацию. Если говорить о приборах автоматического контроля с точки зрения методов измерения, то существует следующая классификация устройств:

– устройства с прямым методом контроля;

– устройства с косвенным методом контроля.

Выбор устройств зависит напрямую от задач, которые они выполняют. Если речь идет о самом размере контролируемой детали, то используются устройства, основанные на прямом методе контроля. Если же определяется

величина, связанная с необходимым размером и имеющая различные зависимости, то может использоваться косвенная методика контроля.

Если говорить о характере воздействия на технические процессы, то классификация приборов будет следующей:

– устройства послеоперационного контроля (многомерные светофорные устройства, механизированные приспособления), которые предназначены для определения соответствия размеров готовых деталей на всех этапах производства;

– устройства активного контроля (устройства, контролирующие процесс перед обработкой, во время обработки и после обработки деталей), на основе результатов которых производится управление процессом.

Устройства по степени автоматизации контроля можно классифицировать следующим образом [3]:

– устройства с полной автоматизацией (участие оператора не требуется);

– устройства с частичной автоматизацией (прибор выполняет весь спектр контроля самостоятельно).

Приборы для автоматического контроля имеют ряд элементов, которые выполняют свои функции и делятся на два вида: основные и вспомогательные.

К вспомогательным элементам относятся элементы, отвечающие за погрузку, транспортировку, установку, сортировку и т.д. То есть, такие элементы участвуют в самом процессе контроля.

Если говорить об основных элементах контроля, то к ним можно отнести [4]:

– датчики чувствительности, которые реагируют на любые изменения величины детали;

– пусковые устройства, к которым относятся устройства, запускающие процесс и отключающие его при достижении заданного значения, на которое должно среагировать устройство;

– регистрирующие устройства, которые фиксируют всю информацию об изменении фиксируемых значений детали, характеристику изменений, на которые должно реагировать устройства, вносятся перед началом работы;

– задающие элементы, используемые для задания величин, характеризующих управляемый процесс;

– стабилизирующие элементы, предназначенные для установления постоянного значения величины, характеризующей управляемый процесс;

– программное обеспечение, используемое для установления закона изменения величины, характеризующей управляемый процесс;

– преобразующие элементы, используемые для преобразования выходного сигнала предыдущего блока в другой блок, и передача его в следующий блок в преобразованном виде;

– исполнительные элементы, влияющие на управление контролируемым объектом;

– аналитические элементы, которые производят сравнения значений величин, полученные от преобразующих и задающих элементов, и, если наблюдаются несоответствия с заданными параметрами, то на последующих этапах производится корректировка действий другими элементами системы.

Таким образом, разрабатывается структурная схема, где определяются все основные элементы, их способы взаимодействия, тип связей и т.д.

На сегодняшний день в связи с развитием информационных и инновационных технологий происходит активное внедрение новых автоматизированных систем для контроля на машиностроении. Одним из самых популярных и перспективных направлений в области разработок является внедрение технологий 3D-сканирования в приборы контроля. Такая технология в сочетании с использованием программных средств компьютера сможет в режиме реального времени сопоставлять 3D-модель контролируемого объекта с номинальной моделью. Результаты 3D-контроля выводятся на экран, система автоматически определяет все несоответствия и производит отчет для дальнейшего анализа, который может быть проведен как человеком, так и компьютером.

Еще одно важнейшее направление развития – внедрение искусственного интеллекта в область контроля. Искусственный интеллект позволит минимизировать трудовые функции человека или даже полностью исключить их. Искусственный интеллект сможет четко прогнозировать причину брака, определять время работы всех инструментов, корректировать процессы и изменять ход работы по информации, полученной в процессе контроля.

Первым шагом в развитии искусственного интеллекта в области измерительных приборов является использование методов самообучения. Появление самообучающихся систем знаменует собой новое поколение автоматизированных систем. Уже сегодня в систему контроля начинают активно внедряться методы самообучения, которые позволяют создавать программу измерений, улучшать и повышать ее эффективность самостоятельно без участия человека.

Параллельно также развиваются системы ручного контроля [5], которые повышают их точность, надежность, оперативность и т.д.

Таким образом, в современном мире происходит активное развитие систем и прибором контроля, которые все больше связаны с информационными технологиями.

Список литературы

1. Легаев, В.П. Приборы автоматического контроля и управления в машиностроении: учебное пособие / В.П. Легаев. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. - 123 с.

2. Секацкий, В.Ф. Методы и средства измерений и контроля : учебное пособие / В.С. Секацкий, Н.В. Мерзликина. - Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. - 286 с.

3. Куратцев, Л.Е. Пневматические приборы активного контроля в машиностроении / Л. Е. Куратцев, И. М. Цырульников. - М. : НИИМАШ, 1973. - 62 с.

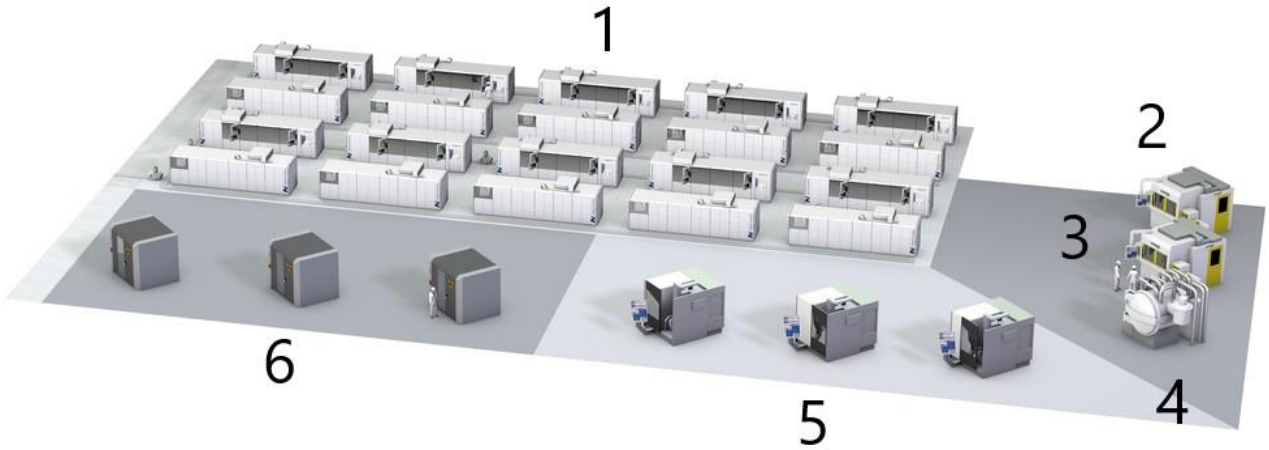
4. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин. - М.: Политехника, 2007. - 380 с.

5. Сунцов, А.П. Современные средства контроля изделий в машиностроении // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум - 2018»[Электронный ресурс]. - Режим доступа:https://scienceforum.ru/2018/article/2018000489. - Загл. с экрана. - Проверено 30.12.2022.

КОМПОНОВОЧНЫЙ ПРОЕКТ МОДУЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-ПЕЧАТИ

Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент,
Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Для полного (завершённого) цикла процесса получения напечатанных изделий требуются дополнительные модули постобработки (рисунок 1), к которым относятся [1-5]:



1 – модуль быстрого прототипирования; 2 – модуль термообработки; 3 – модуль улучшения качества поверхности изделия; 4 – модуль удаления поддержки; 5 – модуль механической обработки; 6 – модуль контроля изделий.

Рисунок 1 - Модульный принцип построения аддитивного производства

– модуль термообработки, для снятия остаточного напряжения напечатанных изделий (муфельная или вакуумная печь);

– модуль для удаления поддержки от изделия (как правило ленточная пила или электроэрозионный станок);

– модуль улучшения качества поверхности (дробеструйная или пескоструйная камера);

– модуль горячего изостатического прессования (устранение пористости напечатанных изделий);

– модуль механической обработки изделий (многоосевая обработка на металлообрабатывающих станках с ЧПУ);

– модуль контроля (проверка геометрических размеров с помощью координатно-измерительной машины).

На рисунке 2 представлена зона постобработки напечатанных изделий, реализуемых сегодня на предприятиях, занятых в аддитивном производстве.

Зона представлена некоторым набором модулей (оборудования): муфельной печью, ленточной пилой и дробеструйной камерой.

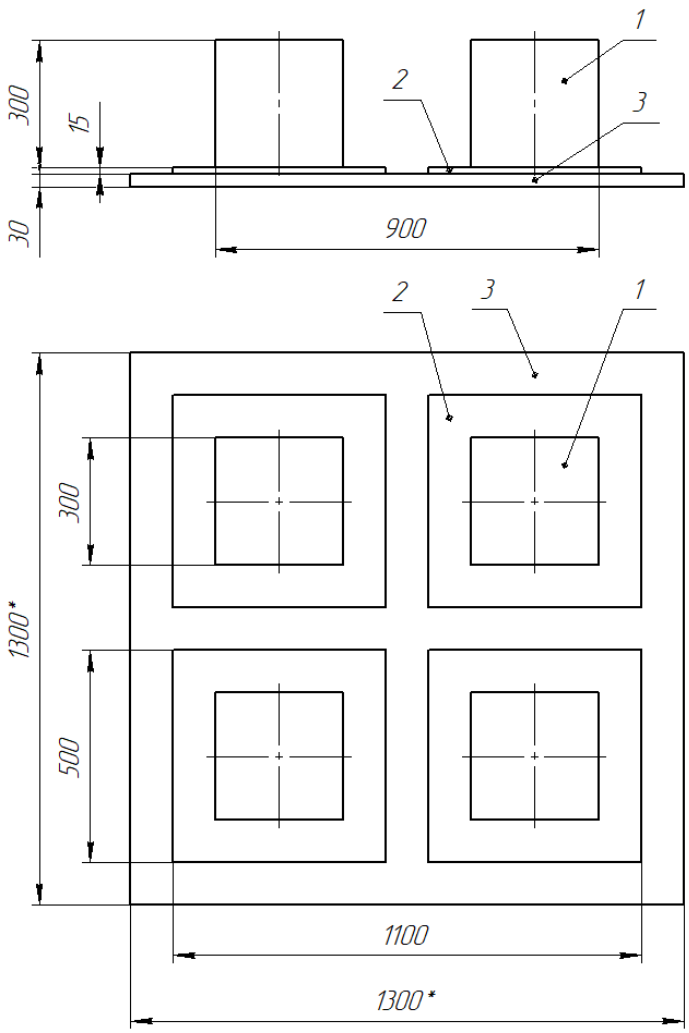
Рисунок 2 – Зона постобработки напечатанных изделий

Правильный выбор технологии и режимов термической обработки зависит от используемого металлического порошка и физико-химических свойств, которые предъявляются к готовому изделию.

Обязательным требованием термообработки при снятии остаточного напряжения напечатанного изделия является равномерное распределение температуры. Изделие должно находиться в печи при строго определённой температуре в течение заданного промежутка времени. Желательно, чтобы термообработка проводилась в среде инертного газа, которая предотвращает окисление изделия и ухудшение его физико-химических свойств. Сам процесс должен постоянно контролироваться, для того чтобы свойства конечного изделия не выходили за заданный интервал [6].

В настоящее время в рамках конструкторского бюро «Машиностроение» ОГУ разработан компоновочный проект модуля термообработки, который может встраиваться в зону постобработки изделий, напечатанных на 3D-принтере.

К модулю термообработки будут подаваться напечатанные детали (габаритным размером до 300×300×300 мм) изготовленные вместе с подложкой (500×500×15 мм). Перед тем как установить их в модуль, они предварительно будут устанавливаться на паллеты 1300×1300×30 мм). На каждой паллете будет размещаться по четыре детали (при максимальном их размере). Конструкция паллеты и её 3D-модель представлены на рисунках 3 и 4.



1 – напечатанная деталь; 2 – подложка и 3 – паллета.

Рисунок 3 – Конструкция паллеты для модуля термообработки

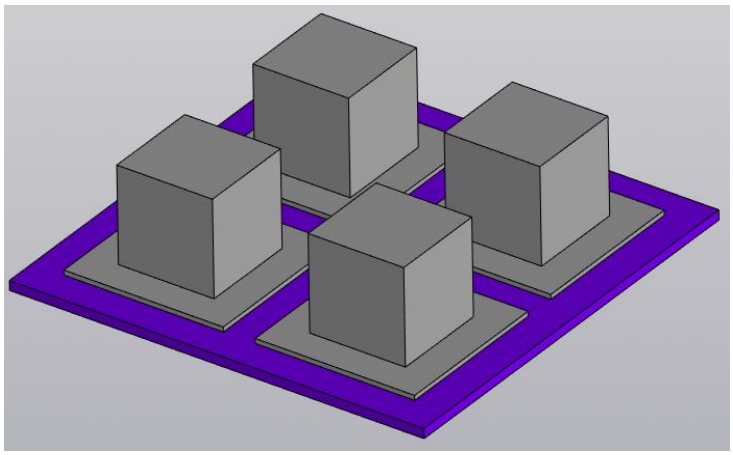
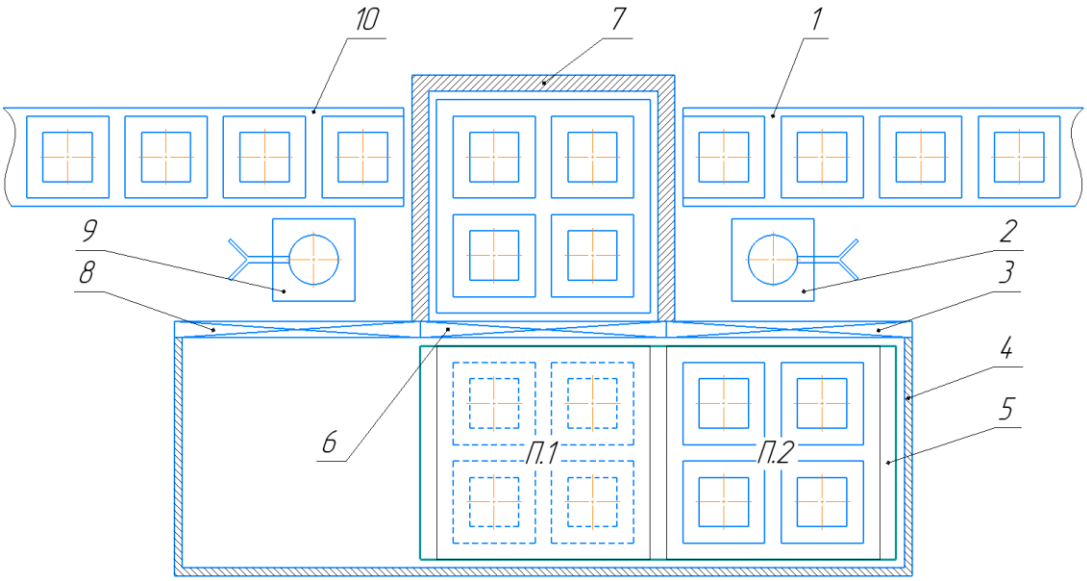


Рисунок 4 – 3D-модель паллеты для модуля термообработки

Принцип работы модуля термообработки представлен на рисунке 5. На рисунке 6 представлена 3D-модель компоновки. Детали по транспортной линии подаются к накопителю 1, где они устанавливаются на паллеты. После чего открывается входной люк 3 термоконстантной камеры 4.



1 и 10 – накопитель; 2 – устройство загрузочное; 3 –люк входной; 4 – камера термоконстантная; 5 – стол двухпозиционный; 6 – люк печи; 7 – печь; 8 – люк выходной; 9 – устройство разгрузочное; П.1 – позиция 1; П.2 – позиция 2.

Рисунок 5 – Схема модуля термообработки

Загрузочное устройство 2 устанавливает паллету на двухпозиционный стол 5 (позиция 2) затем люк 3 закрывается. Далее в камере создаются необходимые рабочие условия окружающей среды (температура, давление). В это время двухпозиционный стол перемещается в крайнее левое положение и паллета оказывается напротив люка печи 6. После того, как в камере будет достигнуты требуемые условия открывается люк печи. Паллета с деталями подаётся в печь 7 после чего люк закрывается и начинается процесс термообработки. В это время двухпозиционный стол перемещается в исходное положение (крайнее правое). Затем в термоконстантной камере происходит сброс рабочих условий окружающей среды (снижение температуры и восстановление давления). После чего начинается процесс загрузки, следующей паллеты с деталями через входной люк. По окончанию загрузки он закрывается и двухпозиционный стол остаётся в исходном положении. В камере восстанавливаются рабочие условия окружающей среды. После завершения термообработки, люк печи 6 открывается и паллета перемещается на двухпозиционный стол (позиция 1). Затем люк печи закрывается и двухпозиционный стол перемещается в крайнее левое положение. В таком положении паллета (позиция 1) располагается напротив выходного люка 8, а паллета (позиция 2) – печи. После этого открывается люк печи и паллета перемещает детали на термообработку. Затем люк закрывается и начинается процесс термообработки. В это время в термоконстантной камере происходит сброс рабочих условий окружающей среды. Выходной люк открывается и разгрузочное устройство 9 перемещает паллету с термообработанными деталями на накопитель 10 транспортной линии. Далее выходной люк

закрывается, двухпозиционный стол возвращается в крайнее левое положение и процесс повторяется.

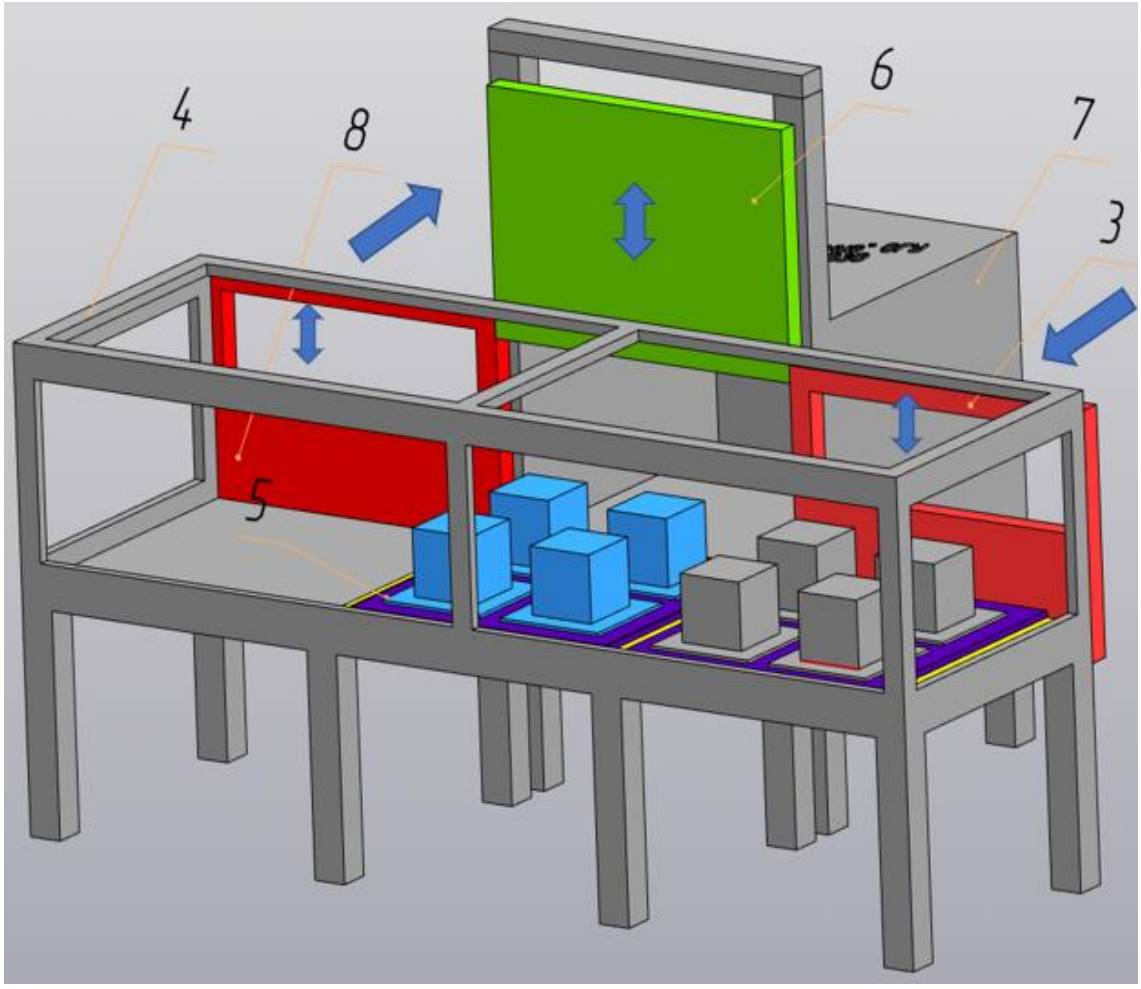


Рисунок 6 – 3D-модель компоновки модуля термообработки

Список литературы

1. SMS group GmbH: Powder production and 3D printing [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.sms-group.com/de/plants/all-plants/powder-production-and-3d-printing. - Загл. с экрана. - Проверено 06.01.2023.

2. 3D печать металлом: технологии, DMLS, SLM, FDM, принцип работы 3D принтеров, постобработка [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://3dradar.ru/post/48136/. - Загл. с экрана. - Проверено 06.01.2023.

3. Степанова, Е.Ю. Аддитивные технологии: Экономические и технические проблемы постобработки и контроля качества / Е.Ю. Степанова, М.А. Бурнашов, Ю.С. Степанов, А.А. Горохов. // Качество продукции: Контроль, управление, повышение, планирование. - 2017. - С. 61-66.

4. Постобработка при 3D печати металлом и еще 8 вопросов о SLM принтерах [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://blog.iqb.ru/faq-3d-metal-printing-part2/. - Загл. с экрана. - Проверено 06.01.2023.

5. Марусич, К.В. Термообработка изделий изготовленных с применением аддитивных технологий [Электронный ресурс] / К. В. Марусич // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), Оренбург, 26-27 янв. 2022 г. / Оренбург. гос. ун-т ; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург : ОГУ,2022. - С. 1596-1600.

6. Термообработка изделий, изготовленных с применением литья порошков под давлением и аддитивных технологий // Аддитивные технологии. - 2019. - № 3. - С. 14-17.

РЕТОРТНЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

В современном машиностроении для термообработки металлических изделий, изготовленных с применением аддитивных технологий используют различные типы печей. Технические требования, которых выбираются в зависимости от технологии аддитивного производства, рабочей температуры обработки, и конечно же, от материала заготовки будущего изделия [1-3].

В настоящее время большое распространение получили вакуумные печи для отпуска, в которых происходит рекристаллизация сплавов. В них термообработка выполняется в условиях вакуума, что важно, когда необходимо рабочую камеру очистить перед заполнением другим нейтральным газом или исключить в процессе термообработки изделия окисление. Одним из представителей таких печей являются ретортные печи, которые в качестве основного элемента имеют герметичную реторту [4]. В зависимости от вида обработки в камере печи создаётся разряжение или она заполняется инертным газом.

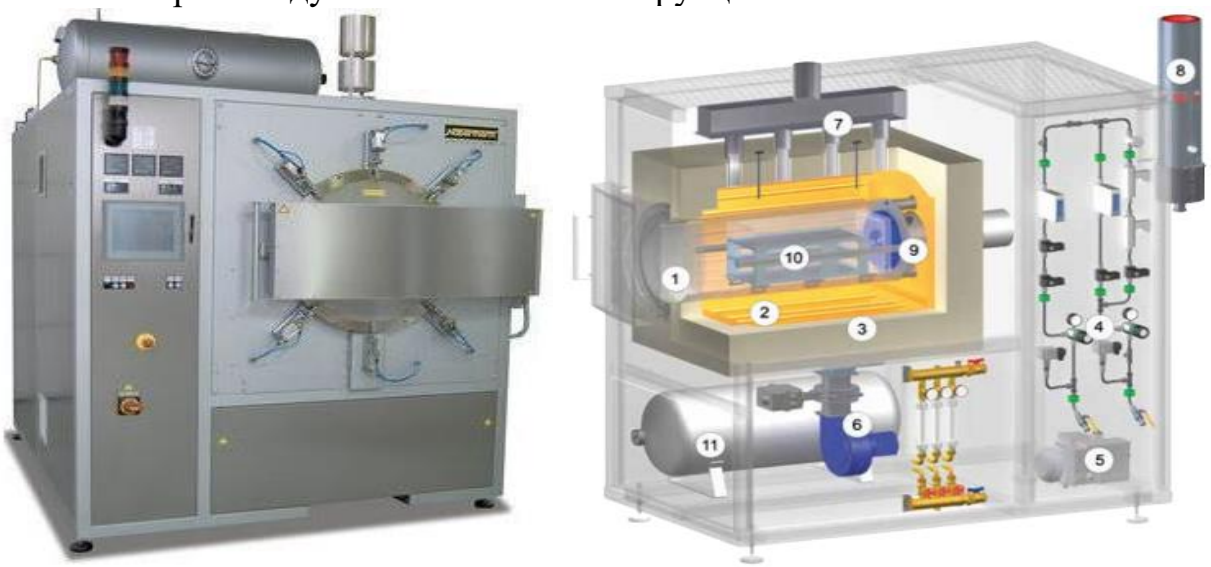
Основной частью конструкции является стальная реторта, с встроенной или внешней системой нагрева. Доступ в реторту осуществляется через фронтальную дверь или откидную крышку. Во время работы печи реторта обеспечивает исключительную герметичность внутреннего объема, доступ к внешнему оборудованию, такому как системы подачи или отвода/утилизации газов, вакуумные насосы, контрольно-измерительное оборудование, осуществляется через вакуумплотные соединения (фланцы).Дополнительное оснащение для адаптации ретортной печи к технологическому процессу обычно осуществляется в соответствие с техническими задачи, которые необходимо выполнить:

- термообработка в инертной среде до 1100 °С;
- термообработка в вакууме до 500°С -600 °С;
- термообработка в горючих газах до 1100 °С;
- химико-термическая обработка в газовой среде;
- выжигание/удаление связующего элемента;
- термообработка в химически агрессивных средах.

Выделяют два типа вакуумных ретортных печей:

- печи с горячей ретортой (рисунок 1);
- печи с холодной ретортой (рисунок 2).

У данных вакуумных печей прочная конструкция, в которой отсутствует термическая изоляция в виде водяной рубашки. Нагрев изделия в создаваемой рабочей среде осуществляется равномерно, быстро и стабильно. Дополнительно ещё можно выделить точную систему контроля температуры в рабочей камере и модульность самой конструкции печи.

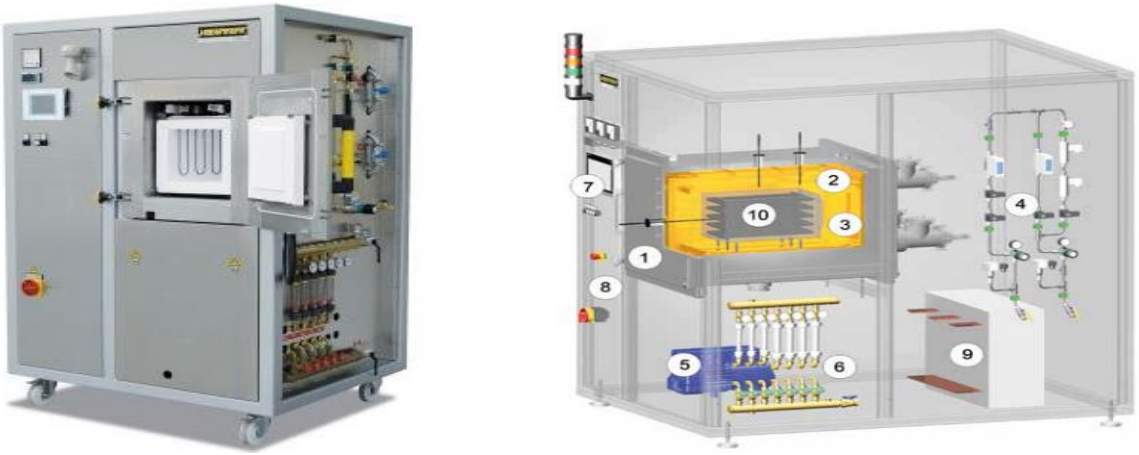


а) б)

а - общий вид; б – конструкция;

1 - реторта; 2 -обогрев; 3 - изоляция; 4 - система управления газом; 5 - вакуумный насос; 6 -вентилятор системы непрямого охлаждения; 7 - выпуск системы непрямого охлаждения; 8 - факел дожигания; 9 - циркуляционный вентилятор; 10 - загрузочная стойка; 11 - резервуар аварийного затопления.

Рисунок 1–Печь с горячей ретортой [5]



а) б)

а - общий вид; б – конструкция;

1 - реторта; 2 - обогрев; 3 - изоляция; 4 - система управления газом; 5 - вакуумный насос;

6 - распределитель охлаждающей воды; 7 - контроллер; 8 - встроенное распределительное устройство; 9 - печной трансформатор; 10 - загрузочная стойка в цементационном ящике.

Рисунок 2–Печь с холодной ретортой [6]

Ретортные печи в зависимости от температуры в рабочей камере могут оснащаться системами прямого или косвенного обогрева. Они подходят для термических процессов изделий, при которых требуется определенный защитный газ или атмосфера реакционного газа, а также термообработка в вакууме до 600 °С. Вакуумные печи серии NR и NRA используются для выжигания в негорючих защитных газах или для процессов пиролиза. Отработанные газы сжигаются способом термического дожига. Как продувка, так и сжигание в факеле производятся под наблюдением, что позволяет обеспечивать надежность эксплуатации. Рабочая область печи содержит газонепроницаемую реторту, которая в области двери оснащена водяным охлаждением для защиты специального уплотнения.

Вакуумные ретортные печи сейчас широко используются в самых разнообразных областях промышленности (машиностроение, авиастроение, автомобилестроение и т.д.) - это связано с их эффективностью использования и сравнительно невысокой стоимостью по сравнению с другими печами. Они участвуют в процессе изготовления изделий, которые в последующем при эксплуатации подвергаются высоким нагрузкам.

Список литературы

1. Марусич, К.В. Термообработка изделий изготовленных с применением аддитивных технологий [Электронный ресурс] / К.В. Марусич // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), Оренбург, 26-27 янв. 2022 г. / Оренбург. гос. ун-т; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург : ОГУ,2022. - С. 1596-1600.

2. Степанова, Е.Ю. Аддитивные технологии: Экономические и технические проблемы постобработки и контроля качества / Е.Ю. Степанова, М.А. Бурнашов, Ю.С. Степанов, А.А. Горохов. // Качество продукции: Контроль, управление, повышение, планирование. - 2017. - С. 61-66.

3. Термообработка изделий, изготовленных с применением литья порошков под давлением и аддитивных технологий // Аддитивные технологии. - 2019. - № 3. - С. 14-17.

4. Мир печей Nabertherm | Nabertherm [Электронный ресурс]. - Режим доступа:https://nabertherm.com/en. - Загл. с экрана. - Проверено 30.12.2022.

5. Печи с горячей ретортой [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://technologiya.millab.ru/catalog/termobrabotka/vakuumnye-pechi/pechi-s-goryachey-retortoy/. - Загл. с экрана. - Проверено 30.12.2022.

6. Печи с холодной ретортой [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://technologiya.millab.ru/catalog/termobrabotka/vakuumnye-pechi/pechi-s-kholodnoy-retortoy/. - Загл. с экрана. - Проверено 30.12.2022.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ

Маслов А.В., Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент, Букатов Н.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В процессе технологического проектирования требуется решить две важнейшие задачи: обеспечить заданное качество производимой продукции, при этом стремиться к минимизации себестоимости технологического процесса ее изготовления. При решении первой задачи важную роль играет размерный анализ технологических процессов[1,2].

Размерный анализ технологических процессов заключается в выявлении и расчете технологических размерных цепей второго типа, описывающих ход выполнения технологического процесса.

У специалистов, не связанных непосредственно с технологическим проектированием, часто возникает вопрос о необходимости проведения размерного анализа, ведь существуют и другие методы определения межпереходных размеров и припусков на механическую обработку.

На практике наиболее часто используется два способа расчетов припусков и межпереходных размеров.

1. Расчетно-аналитический метод расчета припусков на механическую обработку, основывающийся на определении значений минимального припуска на механическую обработку, необходимого для удаления погрешностей, возникших на предыдущем этапе обработки, а также максимально возможного припуска на механическую обработку и максимального и минимального значения получаемых размеров. При расчетах используются экстремальные значения размеров, что на практике маловероятно, и, как следствие, расчеты по этому методу приводят к большим запасам точности

2. Табличный метод дает возможность рассчитывать припуски путем суммирования табличных значений припусков. Этот метод дает значительное увеличение припусков (до пятнадцати процентов). Этим методом чаще всего пользуются технологи на машиностроительных предприятиях.

Одним из главных достоинств указанных методов является легкость расчета и возможность его автоматизации.

Эти методы вполне можно использовать, пока не возникнет проблема учета смены баз в процессе обработки. Эта ситуация хорошо иллюстрируется рисунком 1.

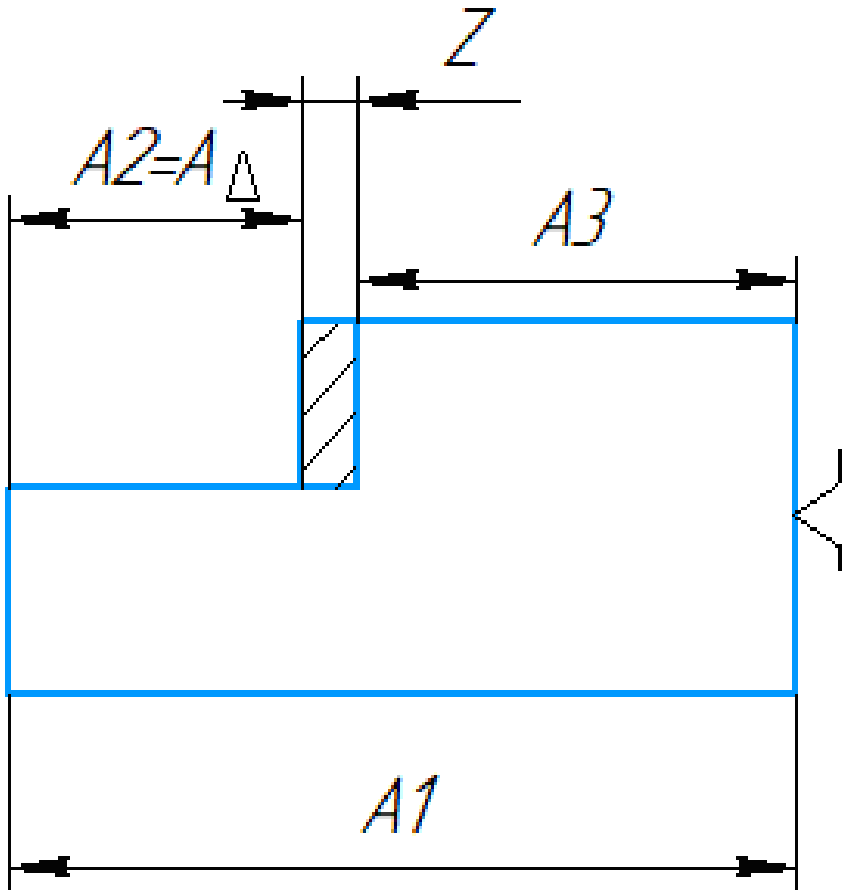


Рисунок 1 – Пример технологической размерной цепи

На чертеже детали возможно задание как размера А2, так и А3. Если задан размер А3, то смены баз не возникает, а вот если задан размер А2, то простое определение припуска Z по одному из выше рассмотренных методов будет уже не достаточным и потребуется расчет параметров размерной цепи. Решением задачи выявления и расчета технологических размерных цепей и занимается размерный анализ [2].

Ручное выполнение размерных расчетов в некоторых случаях занимает десятки часов. Исходя из этого, возникла необходимость проведения размерных расчетов с помощью систем автоматизации.

Этот метод реализован в автоматизированной системе технологического размерного анализа, разработанной в ОГУ еще в девяностых годах двадцатого века [3].Для работы системы требуется кодирование всей необходимой информации о звеньях размерной цепи. Далее автоматизированная система размерного анализа производит формирование и расчет размерных цепей. Однако при этом трудоемкость размерных расчетов остается достаточно высокой.

Для успешной работы системы автоматизированного проектирования требуется наличие нормативно-справочной информации, которая также

называется условно-постоянной информацией. В общем случае она включает в себя:

1. Информацию о методах обработки, их классах точности;
2. Информацию об обрабатываемых материалах;
3. Таблицы допусков по ГОСТ для выбора операционных допусков;
4. Таблицы предельных отклонений на размеры заготовок;
5. Таблицы припусков на основные виды механической обработки.

Данная информация представляется в виде информационно-логической модели базы данных, состоящей из связанных между собой таблиц.

Для осуществления расчетов припусков, размеров и их допусков также необходимо ввести в автоматизированную систему и переменную информацию. Эти данные содержат следующую информацию:

– код материала обрабатываемой детали;
– количество линейных размеров детали и сведения о них;
– количество диаметральных размеров детали и сведения о них;
– количество операционных размеров;
– коды поверхностей заготовки;
– коды методов обработки и соответствующих операционных размеров.

В системе ведется расчет средних и номинальных значений размеров и средних и максимальных значений припусков. Получающиеся значения размеров и припусков имеют значения, располагающиеся между значениями, полученными по расчетно-аналитическому и табличному методам.

Расчет размерных цепей ведется по методу максимума – минимума или вероятностному методу в зависимости от числа звеньев размерных цепей.

В настоящее время возникла задача разработки новой системы автоматизированного размерного анализа, так как рассмотренная система в настоящее время морально устарела, так как была разработана еще под операционную систему DOS со всеми вытекающими отсюда проблемами. Наибольшую сложность вызывает задача выявления технологической размерной цепи. Алгоритм, использованный в рассмотренной системе, к сожалению, утрачен без возможности его восстановления. Наиболее перспективным на данный момент представляется использование теории графов для описания размерных связей технологического процесса и выявления технологических размерных цепей как задачи поиска пути на графе.

На первом этапе ставится задача разработки алгоритма выявления и расчета размерных цепей и формулировка технического задания для разработки программной реализации.

Список литературы

1. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей. – Введ. 1988–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 45 с.

2. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

3. Автоматизированная система технологического размерного анализа (АСТРА): свидетельство о регистрации программного средства / К.Н. Абрамов. - Зарегистрировано в университетском фонде электронных ресурсов, Рег. № 669. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. – 1 с.

Режим доступа: http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=669

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Мельниченко М.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Цифровизация и автоматизация – основные аспекты современного машиностроения, которые стали неотъемлемой частью современной жизни. Не обошли они стороной и сферы энергетики, строительства и промышленных предприятия. На стыке зон ответственности этих отраслей и возникли комплексы АСКУЭ – системы автоматизации сбора, обработки и анализа показаний приборов учета энергопотребления. Количество и состав нижнего и среднего уровней системы, комбинации и модификации измерительных устройств определяются проектными решениями прокладки инженерных коммуникаций и ТЗ на АСКУЭ конкретного объекта. Для организации каналов связи (информационного обмена) в системе могут использоваться как проводные, так и беспроводные интерфейсы: RS-485, Ethernet, двухпроводная линия связи (ДПЛС), радиоканал подсистемы С2000Р, GSM или сеть стандарта LoRaWAN.

Для бесперебойного обеспечения функционирования системы АСКУЭ на предприятии нужно обеспечить грамотный подбор оборудования различных уровней. В связи с ограниченностью количества адресов в одной линии могут находится ограниченное количество узлов учета начиная с 17 до 256 адреса. Обмен данными не может происходить между приборами учета разных производителей из-за разности протоколов обмена данными, исходя из этого необходимо включать в информационную цепь rs 485 приборы одного производителя. Линии передачи данных собираются на передающий модем или преобразователь COM-порта, для обеспечения большей надежности линии соединяют по типологии звезда Рис.1.

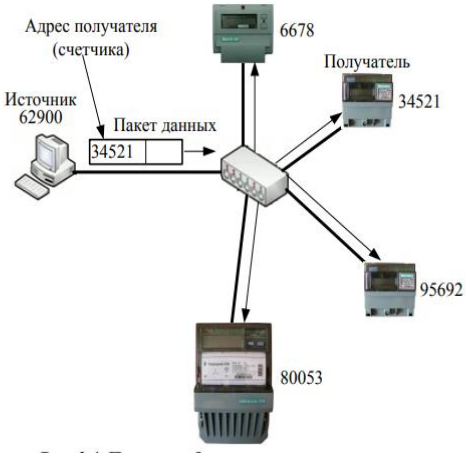


Рисунок 1 объединение узлов учета.

Не менее важную роль играют всевозможные сервисные функции, такие как дистанционный доступ к счетчику, к информации о потребленной энергии, просмотр срезов данных и анализе векторных диаграмм.

При построении АСКУЭ с числом измерительных каналов порядка тысячи возникают проблемы с организацией передачи значительного объема измерительной информации по относительно небольшому числу линий связи. Передачи данных в АСКУЭ, когда требуется обеспечить функциональную совместимость её различных частей, возможность улучшения параметров без нарушения функционирования, необходимо осуществлять оптимизацию локальных вычислительных сетей, являющихся базовой основой любой АСКУЭ. Это позволить не только снизить затраты на разработку, изготовление и обслуживание АСКУЭ, но избежать ошибок при ее проектировании. При выходе из строя счетчика или целой линии не происходит оповещение об аварии либо разрыве связи, так как это не предусматривается, а некоторые узлы учета имеют период опроса раз в сутки. В связи с этим для современных реалий нужны более умные и сбалансированные системы для обеспечения безотказной и стабильной работы предприятия, наличие современной электроники ставит дополнительные условия по контролю и качеству электроэнергии, отсутствию вредных гармоник. Система АСКУЭ должна автоматически интегрироваться в такие системы как АСУТП, и обеспечивать стабильную и качественную передачу данных в общую сеть, должна принимать решения в нештатных ситуациях и отдавать команды на защиту устройств сети.

Актуальные задачи повышения надежности, качества и энергетической эффективности электроснабжения, снижения издержек и потерь в производстве и передаче электрической энергии решаются в отрасли созданием систем автоматизированного управления технологическими процессами – АСУ ТП, представляющими собой совокупность таких систем, как РЗАиПА, АСДТУ, АИИС КУЭ/ТУЭ, СМиУКЭ, РАСП. Эти системы должны быть довольно функциональными, технологичными, высокопроизводительными и в то же время одновременно иметь конкурирующую и обоснованную стоимость проектирования монтажа и обслуживания. Однако существующая практика создания полноценных АСУ ТП сопровождается весьма высоким уровнем финансовых затрат, вызванных тем, что каждая из вышеназванных систем выполняется отдельно от других и использует свой набор оборудования, свои каналы связи с центром управления и свои программные комплексы сбора и обработки данных. Другая проблема, ставшая еще более очевидной в связи с потребностью в непрерывном мониторинге качества электроэнергии, обусловлена огромным объемом измерительной информации, поступающей с десятков тысяч присоединений в центры управления, где выполняются расчетные задачи и организуется хранение данных. Такие центры требуют применения мощных высокопроизводительных IT-решений как в организации самих центров, так и каналов связи высокой пропускной способности со всеми

объектами наблюдения, что также не позволяет говорить об эффективности комплексной автоматизации. Для решения обозначенных проблем в качестве примера можно рассмотреть новейшую линейку отечественного оборудования – интеллектуальные счетчики серии «BINOM3», компания «Алгоритм» предлагает универсальные высокотехнологичные решения для систем коммерческого и технического учета, диспетчерского контроля и управления, мониторинга и анализа качества электроэнергии, регистрации аварийных событий и переходных процессов. Являясь мощным инструментом для выполнения перечисленных задач, любая модель данной серии измеряет и вычисляет 1846 параметров трехфазного присоединения и результатов статистического анализа качества электроэнергии, и этим возможности серии не ограничиваются. Данные устройства имеют блок дистанционного управления и могут осуществлять телеуправление различных устройств на производстве Рис.2.

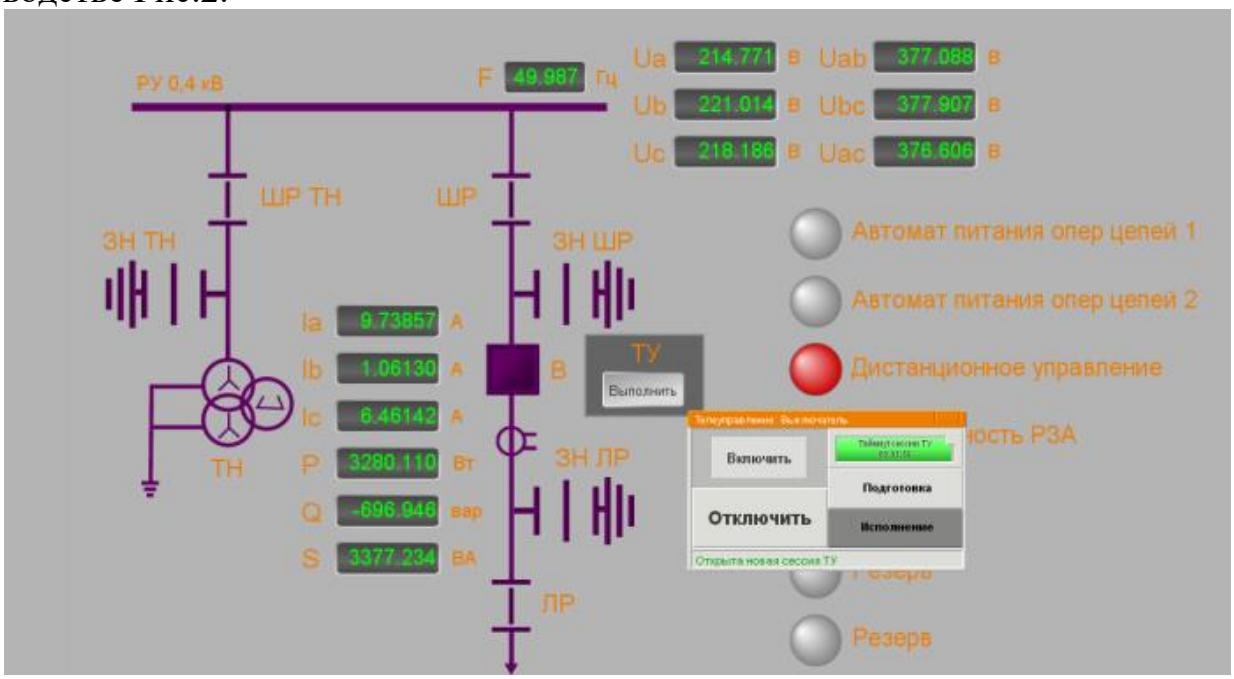


Рисунок 2 Электрическая схема с показателями и функцией телеуправления.

Показания количества электроэнергии включают данные об энергии активной и реактивной импортируемой и экспортируемой, включая энергию потерь. Одновременно учитывается количество электроэнергии по двум настраиваемым профилям, условно названным коммерческим и техническим, а также по четырем тарифным зонам, вне тарифов и суммарно. Результаты учета могут передаваться по каналам связи в протоколах ГОСТ Р МЭК 60870-5-101/104 и представлены на отдельных WEB-страницах счетчика. Набор стандартов IEC 61850 (ГОСТ Р МЭК61850) представляет собой развернутое описание электрической подстанции, начиная от силовых высоковольтных выключателей до протоколов обмена между различными устройствами. Стандарт создан для управления электрическими сетями на основе

современных цифровых технологий. Для реализации протокола необходимы устройства нового поколения с универсальной параметризацией в цифровые подстанции вне зависимости от производителя. Алгоритмы цифровой подстанции включают в себя верификацию входных и передаваемых данных, а так же алгоритмы управления в случае нештатных ситуаций. Вся информация в стандартах имеет четко выраженную иерархичную структуру, узлами которой являются логические узлы (LN). Каждый узел является описанием того или иного свойства системы и учувствует в системах управления цифровой подстанцией. Учет электроэнергии выполняется в соответствии с требованиями к АИИС КУЭ.

Список литературы

1. Папков Б. В. Пашали Д. Ю. Надежность и эффективность электроснабжения. Учебное пособие / Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, 2005г. - 380 с.
2. Микропроцессорные счетчики электроэнергии, Лебедев В.И., 2017
3. Основы конструирования и САПР, Петровская Т.А. 2018
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: Утверждены Приказом Минэнерго от 13.01.03 №6 // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: http://docs.cntd.ru/document/901839683/.

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

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

Современные реалии предлагают человечеству делать большой упор на развитии летательных средств, в том числе и таких, где нет необходимости непосредственного участия экипажа в пилотировании. Одним из таких аппаратов являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [5]. По определению А. С. Леонова и его коллег (2022) беспилотный летательный аппарат – мобильный летательный аппарат, который не имеет экипажа на своём борту [3].

Развитие данной отрасли началось в начале XXI века, когда гражданская отрасль авиации начала разработку и изготовление БПЛА. Причем успешное внедрение БПЛА в производство актуально для многих стран мира, в том числе и для России. Так, более 20 российских предприятий выпускают свыше 50 различных моделей БПЛА различного предназначения [1].

В настоящий момент развито мнение, что БПЛА являются аппаратами, способные открыть надежды для мира на большое и светлое будущее. Данная идея перспективна и заманчива, так как использование БПЛА в опасных или затрудненных для жизни человека операциях способно повысить качество выполнения всей миссии, исключив прямое участие человека [6, 7].

В целом, активное развитие производства и усовершенствование БПЛА сопровождается важными достоинствами аппаратов. Например, риск людских потерь из-за отсутствия экипажа значительно снижается. Так, во Франции в 2001 на IX международной конференции по «беспилотникам» была высказана мысль, что к середине 2010-х гг. боевые операции во время военных конфликтов сведутся к боям автоматизированных систем. Также применение БПЛА увеличивает зону действия летательных аппаратов и возможность выполнения заданий, сопровождающихся большой для экипажа перегрузкой. Появляется перспектива использования более продолжительного и дальнего полёта при отсутствии усталости экипажа.

Кроме того, применение БПЛА в военной кампании позволяет одновременно проводить в тактической фронтовой и в стратегической зонепротивника и разведку, и ударные операции. Все эти преимущества открывают для производства и использования БПЛА огромные возможности в различных условиях гражданской и военной авиации при относительно невысокой стоимости аппарата, малых затратах на их обслуживание и эксплуатацию [5].

Для увеличения областей применения БПЛА и развития отрасли в целом повышаются требования к управлению аппаратов. БПЛА обладают разной степенью автономности – от дистанционного управления до полной автоматизации действий. В наше время существует несколько способов управления БПЛА (рисунок 1) [2, 4].

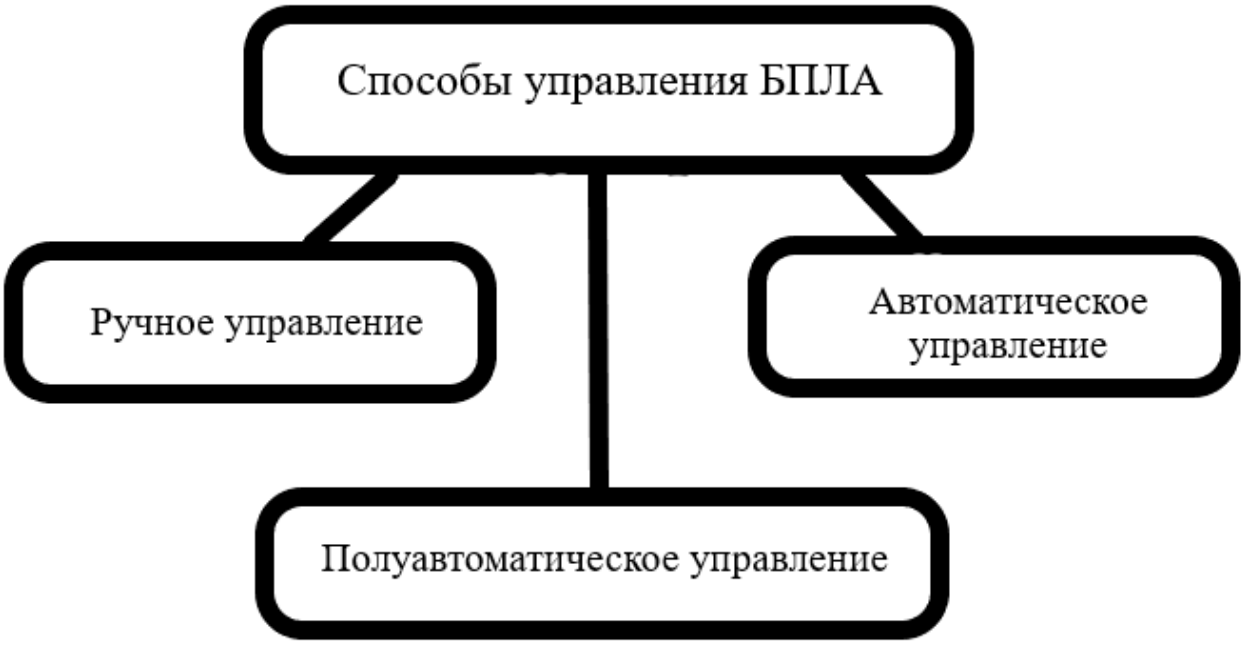


Рисунок 1 – Способы управления БПЛА

В зависимости от выбора способа управления БПЛА выделяют ряд особенностей. При ручном управлении происходит полный контроль над летательным средством оператором, что приводит к дистанционному пилотированию с применением дистанционного пульта управления. Есть ограничение по управлению БПЛА в данном режиме – управление происходит при помощи камеры, установленной на аппарате, и поступающей информацией на прибор управления, что уменьшает радиус действия аппарата из-за необходимости переда сигнала. С другой стороны, преимуществом данного типа пилотирования является человеческая оценка и выбор действия оператором, например, при поддержании или изменении курса, высота и пр. для слаженной работы аппарата и быстрого выполнения задачи [4].

Автоматическое управление происходит без помощи пилота или оператора. БПЛА в таком режиме полёта совершает вылет по заданной заранее траектории на заданной высоте и при определенной скорости со стабилизацией заданных углов ориентации. Автоматическое постановление задачи для аппарата происходит с помощью бортовых программных устройств. Несравненным недостатком данного способа пилотирования является снижение выбора задач для аппарата из-за отсутствия контроля со стороны оператора. При этом полностью автоматическое управление БПЛА может стать

оптимальным выбором при выполнении задач, связанных с аэрофотосъёмкой местности, когда есть необходимость быстро и качественно увидеть заданный участок без контакта с наземной структурой [2, 4].

Другим видом управления БПЛА является полуавтоматическое или дистанционно управление, при котором полёт совершается по заранее заданной траектории без непосредственного участия оператора, но при этом оператор способен изменить маршрут в интерактивном режиме и следить за передвижением аппарата. Преимущество за данным способом управления очевидно: оператор имеет влияние на результат полёта и выполнение задачи, но не отвлекается на постоянное пилотирование БПЛА. Однако полуавтоматический способ управления имеет значительный недостаток – со стороны помехозащищенности от электромагнитного действия данный способ является наиболее уязвимым [2].

Для современных БПЛА предусмотрена возможность выбора способа управления полёта, например, ручное управление может быть одним из режимов наравне с автоматическим. С другой стороны, модели БПЛА, которые не имеют выбора режима полёта, не всегда рассматриваются при выборе аппарата для выполнения серьёзных задач [4].

Для решения задач в наше время наиболее востребованы модели БПЛА, имеющие автоматическое или дистанционное управление полётом, так как использование таких аппаратов снижает требования к подготовке операторов и обеспечивает эффективное и безопасное выполнение поставленных задач. Несравненное преимущество остаётся за моделями БПЛА, имеющими возможность управлять дистанционно. Так как оператор, следящий и осуществляющий запуск аппарата, способен повлиять на полёт с наземной станции и избежать внештатных ситуаций в режиме реального времени [2, 4].

Таким образом, современные реалии дают возможность активному развитию отрасли производства БПЛА и их успешному применению в качестве дополнительных средств. Обеспечение безопасности, повышение качества полёта, сокращение людских потерь при выполнении различных задач и относительно невысокая стоимость аппаратов делают БПЛА актуальными аппаратами, выходящими на ключевые места в современной авиации. Такие аппараты способны повысить и выявить новые возможности для методов контроля и мониторинга за земной поверхностью с заданной высоты, а также обеспечить контроль над объектами, наблюдать за которым с наземных станций затруднительно.

Список литературы

1. Вытовтов, А. В. Современные беспилотные летательные аппараты / А. В. Вытовтов, А. В. Калач, С. Ю. Разиньков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, 2015. – № 4. – С. 70 – 74.

2. Каршов, Р. С. Классификация беспилотных летательных аппаратов / Р. С. Каршов // Проблемы современной науки и образования, 2016. – № 11 (53). – С. 38 – 40.

3. Леонов, А. С. Перспективы развития в России беспилотных летательных аппаратов / А. С. Леонов [и др.] // Труды международного симпозиума «Надежность и качество», 2022. – Т. 2. – С. 195 – 198.

4. Логинов, А. А. Актуальность использования беспилотных летательных аппаратов / А. А. Логинов, А. А. Хван, В. М. Мусонов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2015. – Т. 1. – С. 704 – 705.

5. Ширяев, Н. А. Развитие беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Ширяев, Ю. В. Водолажская // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы, 2016. – Т. 2, № 1 (7). – С. 67 – 69.

6. Ямщиков, В. А. Беспилотные летательные аппараты / В. А. Ямщиков // Интернаука, 2019. – № 45-1 (127). – С. 75 – 77.

7. Ямщиков, В. А. Беспилотные летательные аппараты / В. А. Ямщиков, А. М. Саранча // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: материалы международной научно-технической конференции, 2019. – С. 22 – 25.

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ 3D-ПЕЧАТНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПЛАСТИКА

Алиев Э.К., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время отсутствуют принятые нормативные документы, устанавливающие нормы испытаний на растяжение образцов, изготовленных аддитивным методом. Поскольку такие стандарты только разрабатываются, необходимо использовать единые стандарты для испытаний таких образцов, которые имеют недостатки. В России основными стандартами, регламентирующими испытания на растяжение, являются ГОСТ 1497–84 (ИСО 6892–84, СТ СЭВ 471-88) «Металлы. Метод испытания на растяжение» и ГОСТ 11262–2017 (ИСО 527-2:2012) «Пластмассы» и ГОСТ 33693-2015 (ИСО 20753:2008) «Пластмассы. Образцы для испытаний», определяющий размеры и форму образцов [1].

ГОСТ 1497–84 устанавливает методы испытаний на статическое растяжение черных и цветных металлов, а также изделий из них. В этом стандарте проработаны форма и размеры образца, отсутствуют требования к установке образца в зажимы испытательной машины, не учитываются структурные свойства материалов, предполагающие его изотропность. Для изучения анизотропии механических свойств материала, из которого изготовлен образец, из проката планируется вырезать плоские образцы под разными углами к направлению прокатки и затем испытать полученные образцы на прочность при растяжении. ГОСТ 11262–2017 распространяется на жесткие и полужесткие термопластичные материалы для литья, экструзии и прессования, в том числе композиции, наполненные и армированные волокнами, матами и гранулами, за исключением текстильных волокон, жестких и полужестких термореактивных формовочных материалов. Настоящий международный стандарт не распространяется на жесткие и гибкие ячеистые пластики, а также на многослойные конструкции, содержащие ячеистый материал.

Поскольку структура образцов, напечатанных методами FFF и FDM, близка к многослойной, применение ГОСТ 11262–2017 не столь оправдано, но все же имеет преимущества перед ГОСТ 1497-84:

1. Учитывается анизотропия. В ГОСТ 1497–84 анизотропия учитывается косвенно. При вырезании из проката образцы вырезают под разными углами. По результатам их испытаний на растяжение определяют коэффициент

анизотропии, относящийся к исходному прокату, из которого изготовлены образцы. Плоские образцы, вырезанные под разными углами, считаются изотропными. Устанавливаются требования к закреплению образца в испытательной машине.

2. Установлены требования к зажимам испытательной машины.

ГОСТ 1497–84 является более универсальным по своей структуре и содержанию, так как содержит всю необходимую информацию о методике испытаний и дальнейшей обработке результатов экспериментов, видах образцов и их размерах, выборе масштабного коэффициента для образца. масштабирование. ГОСТ 11262–2017, в свою очередь, необходимо использовать совместно с ГОСТ 33693–2015, так как в последнем представлены виды образцов и их размеры.

Образец материала, полученный методом 3D-печати по технологии FDM/FFF, имеет структуру, отличную от образца, образец, описанный в ГОСТе, представляет собой совокупность слоев и одного материала, каждый из которых плотно совмещен с другим материалом за счет когезии. образец материала. Использование описанного выше стандарта GHOST возможно только в том случае, если делается предположение об истории материала в пределах одного слоя, выполненного с использованием технологий FDM/FFF.

В работе [2] были проведены тесты с различными значениями параметра 3D-печати «стиль заполнения», а также «плотность заполнения» и «скорость печати».

При использовании стиля накопления с фиксированным поглощением поглощается не только сильное (стиль поглощения Гильберта) или значительное (стиль шестиугольника) значение массы образца, но и максимальное значение плотности поглощения при поглощении (стиль линейного накопления). Результаты, представленные в работе [2], типичны для исследования поведения образца материала, изготовленного по технологии FFF/FDM. Также следует отметить, что результаты растяжения 3D-печатных образцов не всегда можно отнести к изучению механических свойств материала образца. В частности, изменение вида заполнения или плотности заполнения влияет не на механические свойства материала образца, а на прочность его структуры. Таким образом, при изменении этих параметров исследуется влияние геометрии образца на его прочность в условиях заданных эксплуатационных нагрузок. Приведенные выше стандарты ГОСТ распространяются и на определение механических свойств материала образца.

В работе [3] исследовано влияние параметров процесса 3D-печати на разрушение и деформационное поведение образцов, изготовленных по технологии FDM, при их растяжении. Для виртуальных испытаний

использовался метод конечных элементов в сочетании с методом инверсии. На основе натурных экспериментов и использования модели Гуриона в виртуальном эксперименте, описывающем разрушение пористого материала, оценивается влияние параметров процесса на разрешающую способность образца.

Детальное исследование характеристик растяжения плоских многофункциональных образцов по стандарту ISO 527-2:2012 (аналог стандарта ГОСТ 11262-2017), напечатанных по технологии FFF/FDM из PLA-пластика для семи различных ракурсов при 3D-печати (0, 15, 30 , 45, 60, 75, 90) и три толщины слоев (0,1 мм, 0,2 мм, 0,3 мм) представлены в [4]. В данной работе большое практическое значение имеет теоретическое обоснование выбора положения образца при 3D-печати, что обеспечивает исследование механических свойств его материала при испытаниях на растяжение.

Авторы работы [5] провели детальное исследование характеристик растяжения плоских образцов по ASTM B638-14 и ASTM D3039/3039M-14 [6], напечатанных по технологиям FFF/FDM из полимерного материала, армированного углеродным волокном. При испытании на растяжение учитывалось поведение двух типов образцов: плоского образца с утолщениями на концах для зажима в захватах испытательной машины (по ASTM D638-14; образец в форме гантели) и прямоугольный двухсторонний образец (согласно ASTM D3039/3039M-14; прямоугольный образец с бумажными выступами). Особенность прямоугольного двустороннего образца в том, что он имеет прямоугольное сечение в пределах рабочей длины.

В работе [5] эффективность плоского образца с выпуклостями (по ASTM D638-14; образец в форме гантели), напечатанного на 3D-принтере с использованием технологии FFF/FDM, подвергается сомнению с точки зрения надежности выпуклостей и стоимости изготовления образцов.

Таким образом, испытания образцов, полученных методом 3D-печати являются весьма актуальными. Необходимо проводить дополнительные исследования механических характеристик деталей из пластика, напечатанных с использованием различных параметров 3D-печати.

Список литературы

1. ГОСТ11262–2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2018-10-01. – Стандартинформ, 2018. – 20 с.

2. Chamil Abeykoon, Pimpsut Sri-Amphorn, Anura Fernandj. Optomozation of fused deposition modeling parameters for improved PLA and ABS 3D printed structures. International Journal of Lightweight Materials and Manufacture. In press, corrected proof Available online 30 March 2020.

3. Tomas Webbe Kerekes, Hyoungjun Lim, Woong Yeol Joe, Gun Jin Yun Characterization of process-deformation/damage property relationship of fesud deposition modeling 3D-printed speciments. Additive Manufacturing, Volume 25, January 2019, pp 532-544.

4. Tianyun Yao, Juan Je, Zichen Deng, Kai Zhang, Yongbin Ma, Huajiang Ouyang. Tensile failure stranght and separation angle of FDM 3D printing PLA material: Experimental and theoretical analyses, Composites Part B: Engineering Volume 188, 1May 2020, 107894.

5. Lincy Pyl, Kalliopi-Artemi Kalteremidou, Danny Van Hemelrijck. Exploration of specimen geometry and tab configuration for tensile testing exploiting the potential of 3D printing freeform shape continuous carbon fibre-reinforced nylon matrix composites. Polymer Testing, Volume 71, October 2018, pp, 318-328.

6. ASTM D3039/D3039M-14, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.

ДЕФЕКТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Золотов В.С., Алиев Э.К., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Подшипники качения используются в различных машинах и оборудовании, поэтому их эксплуатационные характеристики очень важны и влияют на ресурс оборудования в целом, а также на стоимость возможного ремонта. При отсутствии надлежащего ТО и диагностики трудно решить вопросы, связанные с возможным возникновением дефектов подшипников качения.

К наиболее распространённым повреждениям подшипников можно отнести следующие дефекты [1-5].

1. Разрушение, вызванное усталостью материала.

Поверхностные дефекты этого типа развиваются постепенно и малозаметно. Сначала металл местами покрывается патиной, а затем появляются наслоения и мелкие трещинки. В процессе работы подшипник начинает греться и шуметь, что связано с недостаточной смазкой подшипника или имеющимися в нем загрязнениями. Неправильный подбор типа подшипника также способствует усталостным изменениям, перегрузке и загрязнению поверхностей детали. Пример разрушения, вызванного усталостью материала, представлен на рисунке 1.

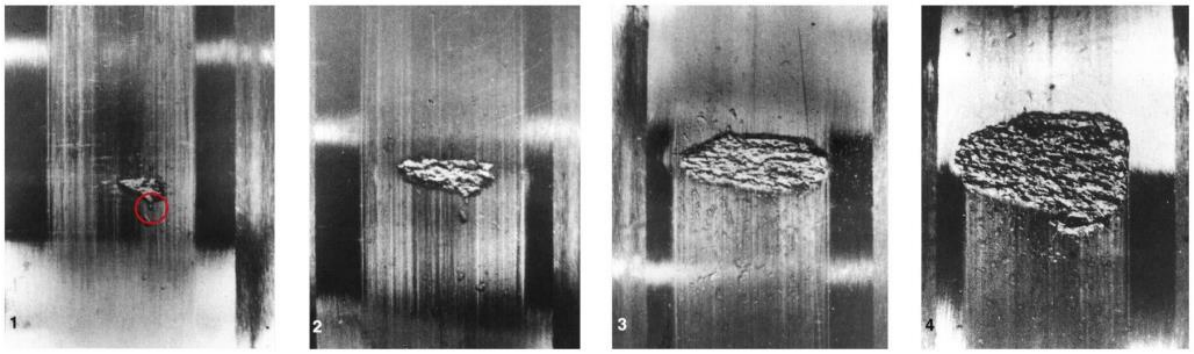


Рисунок 1 – Разрушение подшипника качения, вызванное контактной усталостью

2. Выкрашивание поверхности.

Этот дефект подшипников имеет ту же природу, что и разрушение вследствие усталости материала, но более выражен. На поверхности кольца появляются расслоения и трещины большой глубины и потери металлических участков. Проблема также сопровождается изменением звука при работе устройства и повышением температуры. Пятна и трещины чаще всего связаны с

некачественным монтажом обоймы, неправильной ее посадкой на вал, ее искривлением или перекосом детали в месте посадки в корпусе. Пример выкрашивания поверхности подшипника качения представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 - Выкрашивание внутреннего кольца

3. Фреттинг-коррозия.

Причины фреттинга связаны с особым видом нагрузок, возникающих на посадочных местах и других участках, где имеется плотное сцепление. Опасность дефекта в том, что он способен ослабить посадку опорного узла на вал, что очень опасно, особенно, если имеется ступичный подшипник. Наиболее тяжелым последствием фреттинг-коррозии считается полное разрушение кольца, выражающееся в его разрыве в месте повреждения металла. Предотвратить такую поломку можно только тщательным соблюдением всех допусков, заявленных для опорного узла. Пример фреттинг-коррозии представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Фреттинг-коррозия

4. Блинеллирование.

Этот вид повреждения связан с ошибками посадки подшипника. Такое случается, когда вместо равномерного нагружения на кольцо действуют ударные нагрузки. Вследствие чего на кольце появляются следы от ударного пластического деформирования, расположенные с определенным дуговым промежутком (рисунок 4). Также такой выход подшипника из строя может произойти из-за вибраций или падения узла с высоты, даже не слишком большой. Специалисты рекомендуют бережно обращаться с подшипниками и обязательно фиксировать валы и оси при транспортировке оборудования.

Рисунок 4 – Бринеллирование

Таким образом, наличие большого количества дефектов подшипников требует диагностики оборудования, машин и аппаратов, которые имеют в своей конструкции подшипники вращения [2]. Проводимая диагностика позволит проводить своевременные ремонт и замену дефектных подшипников.

Список литературы

1. Бобровицкий, В. И.. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт / В. И. Бобровицкий, В. А. Сидоров. – Донецк : Юго-восток, 2011. – 640 с.

2. Синопальников, В. А. Надежность и диагностика технологических систем: учебник / В. А. Синопальников и др. – Москва : Высшая школа, 2005. – 343 с.

3. Грунтович, Н. В. Монтаж, накладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое издание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. – 271 с. – ISBN 978-5-16-006952-4

4. Коньков, А. Ю. Теоретические основы технической диагностики: курс лекций / А. Ю. Коньков. – Хабаровск : ДВГУПС, 2021. – 116 с.

5. ГОСТ 520–2002. Подшипники качения. Общие технические условия. – Введ. 2012-07-01. – Москва : Стандартинформ – 2012. – 66 с.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ИЗНОШЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ

Золотов В.С., Морозов Н.А., канд техн. наук, доцент, Алиев Э.К.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

С целью совершенствования методов вибродиагностики подшипников качения были проведены экспериментальные исследования вибраций изношенных подшипников. Для этого сравнивались параметры колебаний в процессе работы нового подшипника и этого же подшипника, после проведения его искусственного износа. При проведении искусственного изнашивания с подшипника снимался пыльник, из подшипника удалялась смазка. Подшипник устанавливался на экспериментальную установку и между периодами работы внутрь подшипника засыпался абразивный материал, ускоряющий его износ.

Для проведения вибродиагностики использовался виброанализатор Вибран-3 и соответствующее программное обеспечение. На корпус исследуемого подшипникового узла в различных плоскостях было установлено четыре датчика виброускорений (рисунок 1). Частота вращения вала контролировалась с помощью лазерного тахометра (рисунок 2). Сначала снимались параметры вибраций нового подшипника, потом подшипник подвергался износу, после чего снимались параметры вибраций изношенного подшипника для тех же режимов работы установки.

Спектральные графики колебаний нового и изношенного подшипников, полученные в результате обработки данных виброанализатора с помощью программного обеспечения представлены на рисунках 3 – 6. Как видно из рисунков при исследовании колебаний изношенного подшипника на всех датчиках наблюдается увеличение амплитуд виброскоростей для частот от 600 Гц до 900 Гцпо сравнению с вибрациями нового подшипника. Таким образом, при износе сепаратора и тел качения подшипника происходит увеличение вибраций на высоких частотах, что можно считать диагностическим признаком [1 – 3].

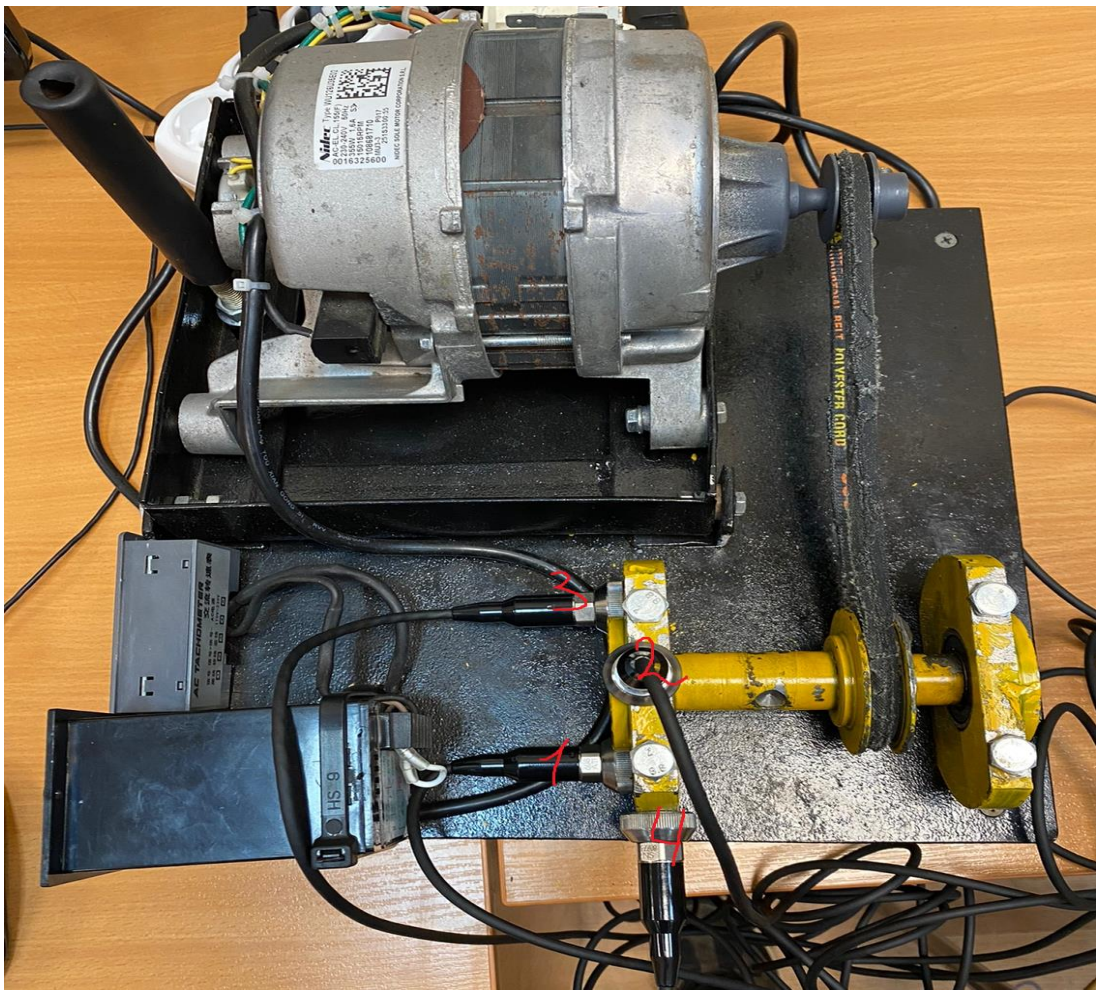
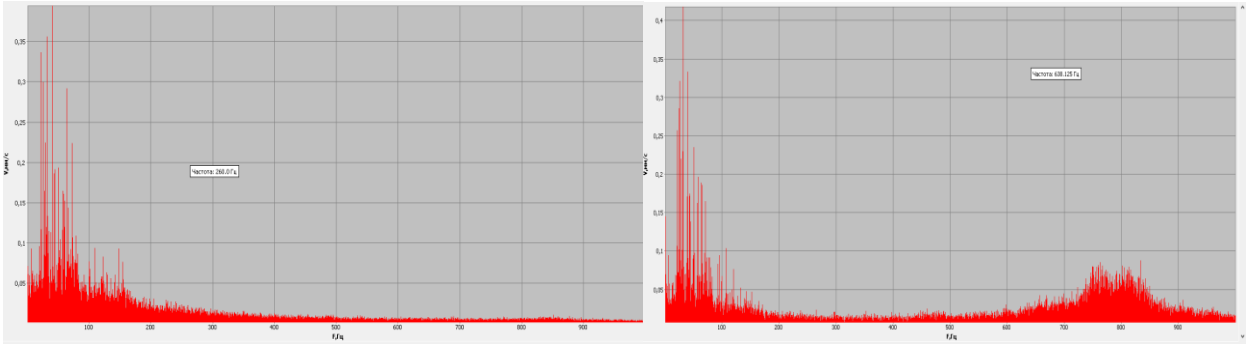


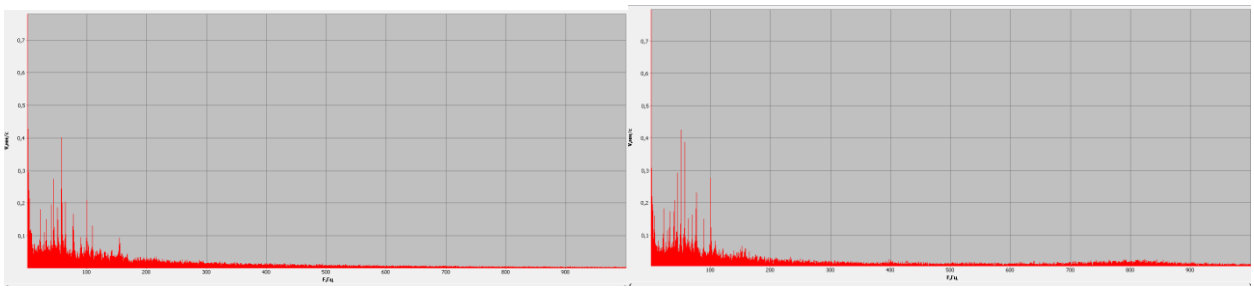
Рисунок 1 – Экспериментальная установка с датчиками виброускорений

Рисунок 2 – Лазерный тахометр



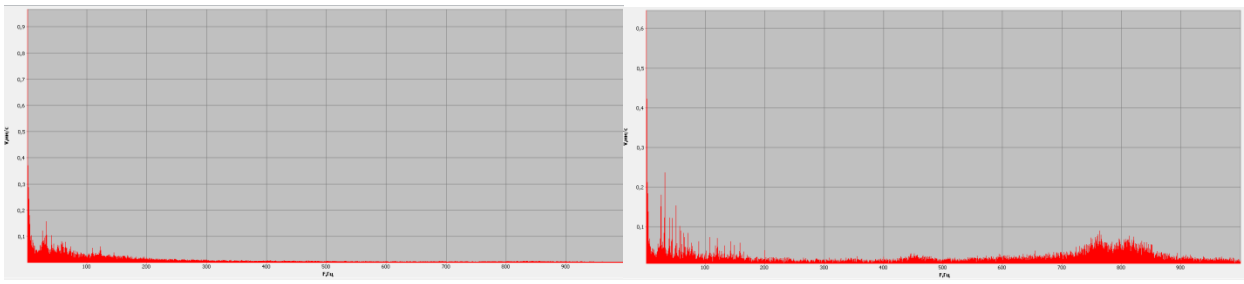
новый подшипник изношенный подшипник

Рисунок 3 – Спектральные графики по данным 1 датчика



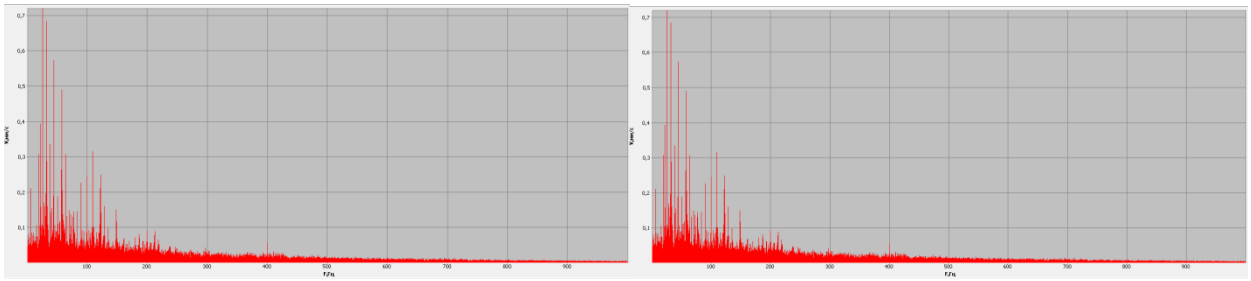
новый подшипник изношенный подшипник

Рисунок 4 – Спектральные графики по данным 2 датчика



новый подшипник изношенный подшипник

Рисунок 5 – Спектральные графики по данным 3 датчика



новый подшипник изношенный подшипник

Рисунок 6 – Спектральные графики по данным 4 датчика

Список литературы

1. Гольдин, А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. – М.: Машиностроение, 2000. – С. 344.

2. Технические средства диагностирования: справочник / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.; под общ. Ред. В. В. Клюева – М.: Машиностроение, 1989. — 672 с.

3. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации: учеб. пособие / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев – СПб., 2000. – 158 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СЛОЕВ ПЕЧАТИ НА ПРОЧНОСТЬ ПЛАСТИКА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент,
Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент, Алиев Э.К.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время нет принятых стандартов, регламентирующих настройки при изготовлении 3D-печатиобразцов из пластика. Также отсутствуют документы, описывающие зависимость механических характеристик изделий от направления волокон при 3D-печати. Задачей исследования является изучение зависимости предела прочности 3D-печатных образцов из пластика при разном направлении линий заполнения [1].

Для испытаний были изготовлены 8 образов типа 1А (ГОСТ 11262–2017), из которых у четырех при печати было выставлено значение направления линий заполнения «0» (далее образцы «0»), и для оставшихся четырех было установлено значение «90» (далее образцы «90»); стиль заполнения «concentric»; заполнение 100%.Данное количество образцов обосновано проведенными ранее испытаниями, которые позволили выявить, что предел прочности напечатанных образцов подчиняется нормальному закону распределения. Образцы имели следующие размеры: общая длина 170 мм, рабочая часть 80 ± 2 мм, ширина рабочей части 10 ± 0,2 мм, толщина 4 ± 0,2 мм [2, 3].

На рисунке 1 представлена графическая модель образца с направлением заполнения «0», на рисунке 2 – модель образца с направлением заполнения «90».

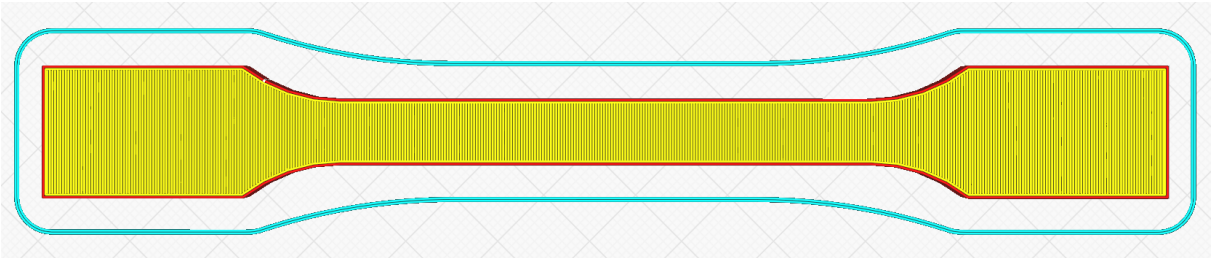


Рисунок 1 – Модель с направлением линий заполнения «0°»

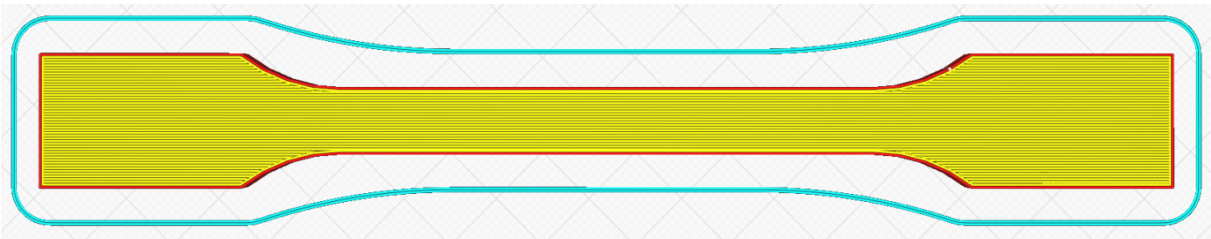


Рисунок 2 – Модель с направлением линий заполнения «90°»

На рисунках 3 и 4 представлены образцы до и после испытаний.

Рисунок 3 – Образцы до испытаний

Рисунок 4 – Образцы после испытаний

В результате испытаний были получены пределы прочности, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Пределы прочности образцов

Образцы «0»				
Номер образца	1	2	3	4
Предел прочности, МПа	11.5	13	12	13
Образцы «90»				
Номер образца	1	2	3	4
Предел прочности, МПа	45.25	44.75	46.25	44.5

По результатам испытания образцов «90» можно видеть, что разброс значений составляет около 3%, для образцов «0» - 12%. Среднее значение предела прочности образцов «90» примерно равно 45,2 МПа, образцов «0» - 12,4 МПа.

Необходимо отметить, что значения предела прочности PLA-пластика в различных источниках различны, кроме того необходимо учитывать деградацию пластика при воздействии ультрафиолета, воздуха и других факторов [3, 4].

Таким образом, при растяжении вдоль направления слоев печати предел прочности в 3,6 раза больше, чем при растяжении поперек слоев печати. Это обстоятельно необходимо учитывать при проектировании пластиковых деталей и задания направления печати. Кроме этого необходимо проводить испытания образцов с другими направлениями заполнения и другими стилями заполнения.

Список литературы

1. ГОСТ11262–2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2018-10-01. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 20 с.

2. ГОСТ 33693–2015. Пластмассы. Образцы для испытания. – Введ 2017-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 16 с.

3. Механические свойства полимерных материалов : Учебное пособие / В. Н. Александров [и др.]. – Казань, Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2011. – 79 с.

4. Сапунов, С. В. Материаловедение: Учебное пособие / С. В. Сапунов. – 2-е изд. – СПб.: Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-7193-3.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ FFF

Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент,
Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент,
Алиев Э.К., Канчурин Р.Я.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Для получения достоверной информации о точности результатов эксперимента проводится их статистический анализ. В данной работе представлены результаты статистического анализа полученных в результате экспериментов значений пределов прочности пластиковых образцов при растяжении. Задачей исследования является определение закона распределения предела прочности образцов при их растяжении.

Для проведения испытаний был изготовлен 21 образец типа 2 (ГОСТ 11262–2017) [1] из PLA-пластика по технологии FFFc применением стиля заполнения concentric и заполнением 100% (рисунок 1). Образцы имели следующие размеры: общая длина 115 мм, рабочая часть 33 ± 1 мм, ширина рабочей части 6 ± 0,4 мм, толщина 2 ± 0,2 мм.

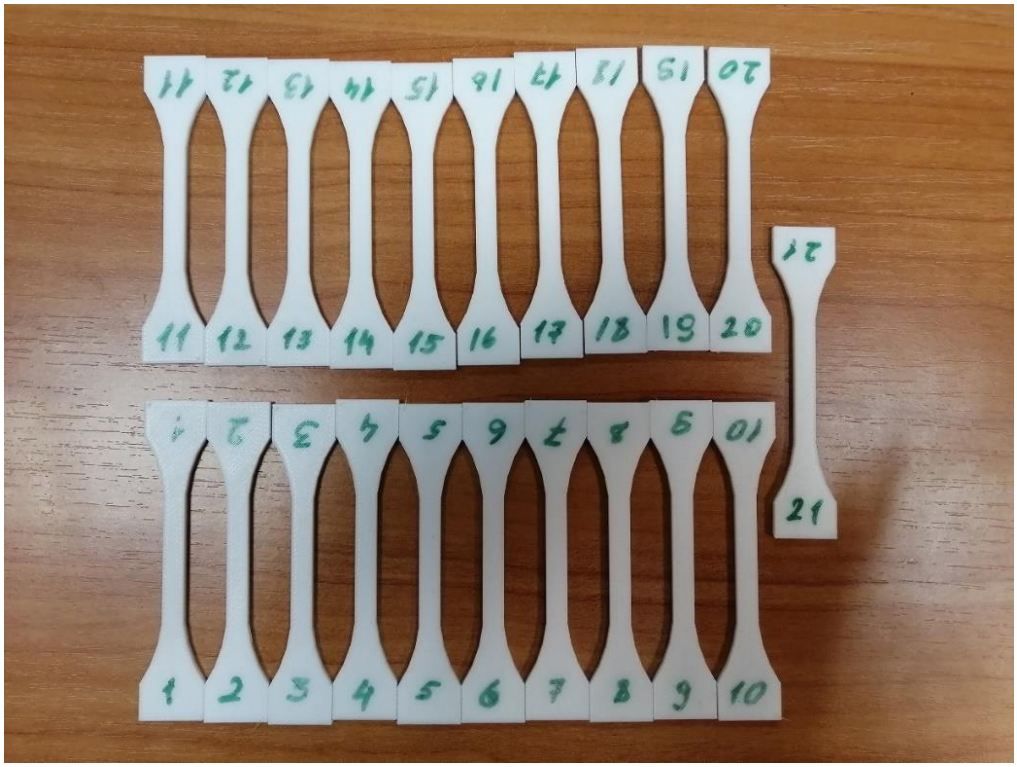


Рисунок 1 – Образцы для испытаний

На рисунке 2 представлен образец в захватах испытательной машины до и после испытаний.

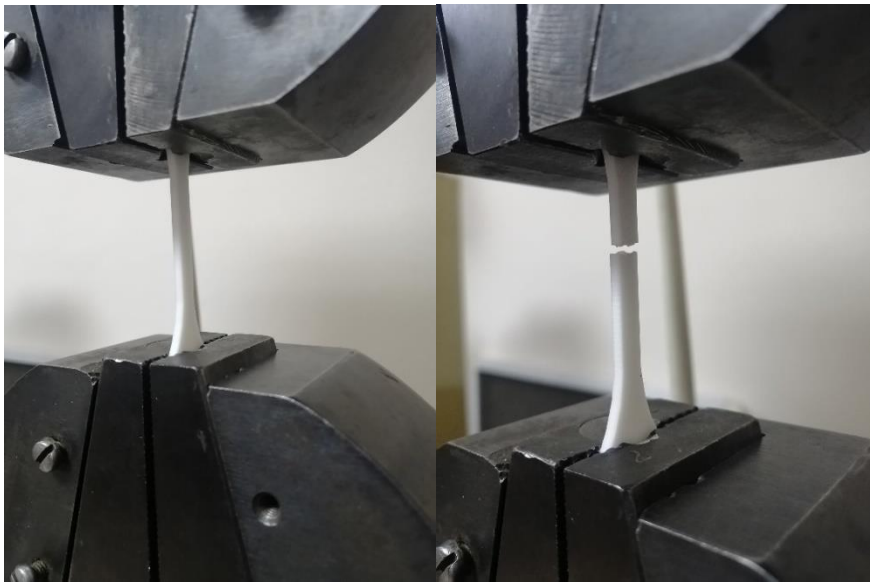


Рисунок 2 – Образец в захватах испытательной машины до и после испытаний

Из полученных в результате испытаний значений предела прочности был сформирован вариационный ряд, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Вариационный ряд, МПа

σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7
32,5	34,2	34,2	35,0	35,0	35,0	35,8
σ_8	σ_9	σ_{10}	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{14}
35,8	35,8	39,7	36,7	36,7	36,7	37,5
σ_{15}	σ_{16}	σ_{17}	σ_{18}	σ_{19}	σ_{20}	σ_{21}
37,5	37,5	39,2	39,2	39,2	40,0	40,8

Среднее арифметическое результатов эксперимента:

$$\overline{\sigma} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_i = 36,7. \qquad (1)$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$D = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\sigma_i - \overline{\sigma})^2} = 2,12 \quad . \qquad (2)$$

Проведём проверку на наличие промахов по критерию $3D$:

$$\left|\sigma_1 - \overline{\sigma}\right| = 4,21. \quad (3)$$

$$\left|\sigma_{21} - \overline{\sigma}\right| = 4,13, \quad (4)$$

$$3D = 6,35. \quad (5)$$

σ_1 и σ_{21} не являются промахами по критерию $3D$, т. к. выполняются следующие неравенства:

$$\left|\sigma_1 - \overline{\sigma}\right| < 3D, \quad (6)$$

$$\left|\sigma_{21} - \overline{\sigma}\right| < 3D. \quad (7)$$

Проведём проверку на наличие промахов по критерию Романовского. При проведении проверки зададимся вероятностью 0,05. Для значения n = 21 квантиль распределения Стьюдента t = 2,135, следовательно:

$$t \cdot D = 4,5. \quad (8)$$

σ_1 и σ_{21} не являются промахами по критерию Романовского, т. к. выполняются следующие неравенства:

$$\left|\sigma_1 - \overline{\sigma}\right| < t \cdot D, \quad (9)$$

$$\left|\sigma_{21} - \overline{\sigma}\right| < t \cdot D. \quad (10)$$

Далее исследована гипотеза о принадлежности результатов эксперимента нормальному распределению. Для этого вариационный ряд разбивался на интервалы по формуле Старджесса; определялись ширина, границы и середины интервалов; вычислялись частота и вероятность попадания значений в интервал (таблица 2).

Таблица 2 – Промежуточные значения интервального ряда

Номер интервала, k	Границы интервала, МПа	Среднее значение интервала, σ_{k0}, МПа	Частота попадания в интервал, v_k	Статистическая вероятность
1	32,5 – 34,2	33,35	3	0,14
2	34,2 – 35,9	35,05	6	0,29

3	35,9 – 37,6	36,75	7	0,33
4	37,6 – 39,3	38,45	3	0,14
5	39,3 – 41,0	40,15	2	0,1

По значениям таблицы построена гистограмма, представленная на рисунке 3. Гистограмма имеет колоколообразный вид, что свидетельствует о возможности принадлежности распределения экспериментальных данных по нормальному закону.

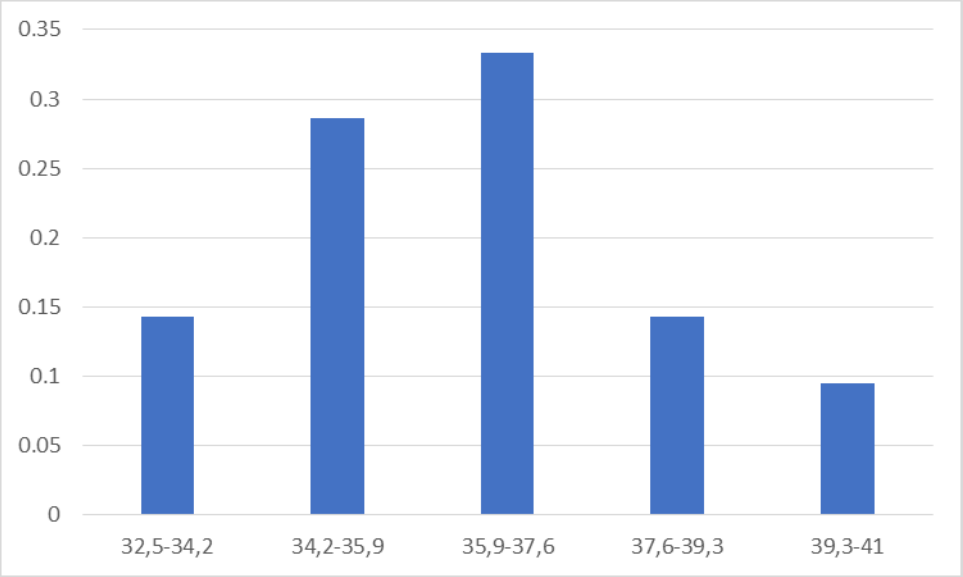


Рисунок 3 – Гистограмма

Для подтверждения результатов воспользуемся проверкой нормальности распределения по составному критерию $\bar{d}$. Для этого вычисляем оценку среднего квадратичного отклонения эксперимента и выполняем выполнение критерия I.

Вычисляем значение $\bar{d}$:

$$\bar{d} = \frac{1}{n \cdot D} \sum_{k=1}^{m} \left| \sigma_{k0} - \bar{\sigma} \right| v_k = 0,7931 \qquad (11)$$

где σ_k – среднее значение интервала, Па;

v_k – частота попадания в интервал.

Для $n = 21$: $\bar{d}_{0,05} = 0,8768$, $\bar{d}_{0,95} = 0,7304$.

$$\bar{d}_{0.95} < \bar{d} < \bar{d}_{0.05}. \qquad (12)$$

Неравенство 12 выполняется, следовательно, гипотеза о принадлежности распределения экспериментальных данных по критерию Iподтверждается.

Проверяем выполнение критерия II. Для этого вычисляем значение верхнего квантиля интегральной функции нормированного распределения Лапласа $z_{0,5P}$ и проверяем условия:

$$\left|\sigma_{10} - \overline{\sigma}\right| > z_{0,5P} \cdot D, \tag{13}$$

$$\left|\sigma_{50} - \overline{\sigma}\right| > z_{0,5P} \cdot D. \tag{14}$$

При $z_{0,5P} = 2,33$, неравенства 13и 14 выполняются, следовательно, гипотеза о принадлежности распределения экспериментальных данных по критерию IIтакже подтвердилась.

В результате проведённого статистического анализа было установлено, что предел прочности при растяжении деталей, полученных методом 3D-печати, подчиняется нормальному закону распределения, что позволяет сократить количество последующих проводимых испытаний.

Список литературы

1. ГОСТ11262–2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2018-10-01. – Стандартинформ, 2018. – 20 с.

2. Земсков, Ю. П. Организация и технология испытаний : учебное пособие / Ю. П. Земсков, Л. И. Назина. – СПб.: Лань, 2022 – 220 с. – ISBN 978-5-8114-3028-4.

3. Балдин, К. В. Основы теории вероятности и математической статики: учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев. – Москва: Флинта, 2016 – 489 с. –ISBN 978-5-9765-2069-1.

4. Морозов, Н. А. Статистический анализ результатов однофакторного эксперимента: методические указания / Н. А. Морозов. – Оренбург: ОГУ, 2018 – 18 с.

5. Гельман, Э. Регрессия: теория и практика / Э. Гельман, Дж. Хилл, А. Вехтари. – Москва: ДМК Пресс, 2022 – 748 с. – ISBN 978-5-97060-987-3.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

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

В современном машиностроительном производстве главной особенностью является необходимость частой сменяемости номенклатуры выпускаемой продукции, вызванной спросом рынка. Исходя из этого, одной из основных задач технологической подготовки производства является обеспечение освоения выпуска нового изделия в короткие сроки и с наименьшими затратами[1].

При изготовлении буровых установок на заводе АО «Завод бурового оборудования», которое относится к единичному производству, возникает необходимость в автоматизации технологической подготовки производства, а именно, в автоматизированном составлении технологических процессов (ТП) на изготовление деталей буровых установок. В первую очередь это связано с широкой номенклатурой деталей и оригинальностью буровых установок[2].

В современных САПР чаще всего используют автоматический, полуавтоматический, интерактивный (диалоговый) методы проектирования, а также метод «по аналогу» [3]. Безусловно у всех вышеперечисленных методов есть свои преимущества. Однако, все они имеют общий недостаток – неудовлетворительная производительность проектирования ТП для производства относительно несложных деталей. К примеру, автоматический режим в большинстве случаев требует адаптации разработанного ТП к условиям производства на конкретном предприятии, а интерактивный метод неэффективен для деталей, поддающихся группированию в технологические группы.

Исходя из вышесказанного предлагается для САПР ТП изготовления деталей буровых установок использовать комбинированный метод, включающий в себя одновременно методы анализа и синтеза [4, 5], а также полуавтоматический режим позволяющий редактировать ТП, сформированный автоматически. Последовательность действий при этом будет выглядеть следующим образом.

Для работы САПР на первоначальном этапе необходимо создать шаблон группового ТП в СПРУТ-ТП. В вышеуказанном шаблоне будут прописаны все возможные операции механической обработки деталей с переходами, в которых будут указаны параметры переменных. Причем в шаблоне будут проставлены условия применения операции в зависимости от геометрических параметров и конфигурации деталей. Например, если деталь из круглого металлопроката, то

в этом случае будет применяться операция «Токарная», если же деталь из листового материала, то, соответственно, применятся операция «Фрезерная».

Работа инженера-технолога по составлению технологического процесса на конкретную деталь буровой установки будет начинаться с выбора детали. Выбрав деталь, технолог открывает 3D-модель в программе КОМПАС-3D, присваивает вручную обозначения переменных к каждому параметру в комментарии.

Далее, при помощи программного модуля «Распознавание 3D-модели», происходит автоматическая передача параметров данной детали в текстовый файл формата XML.

Затем, с помощью программного модуля «Формирование ТП» полученные, параметры детали импортируются из текстового файла в созданный заранее групповой шаблон в программе СПРУТ ТП. Либо данные параметры вручную переносятся из текстового файла в шаблон СПРУТ ТП.

Так как групповой шаблон, созданный в СПРУТ ТП является универсальным, то за счет множества условий применения операций и условий применения переходов в каждой операции, после переноса параметров конкретной детали в шаблон, получается готовый ТП на выбранную деталь. Инженеру-технологу останется в этом случае прикрепить групповой шаблон к конкретной позиции (детали) в СПРУТ ТП и сформировать маршрутно-операционную карту, либо маршрутную карту в зависимости от требований процесса производства.

Алгоритм функционирования вышеизложенной САПР ТП представлен на рисунке 1.

Для разработки программного модуля «Распознавание 3D-модели» в данном случае можно использовать фрагменты программного кода из учебного пособия С. Норсеева «Разработка приложений под КОМПАС в Delphi» [6].

В результате анализа методов автоматизированного проектирования ТП изготовления деталей машин разработан алгоритм функционирования комбинированного метода [7], который может быть использован для автоматизированной системы подготовки производства предприятий по выпуску единичной продукции, в частности, при производстве деталей буровых установок на АО «Завод бурового оборудования. Также в статье предложен полуавтоматический метод проектирования, так как при использовании данной САПР ТП реализация частично происходит в автоматическом режиме, а в некоторых моментах используется диалоговый режим, в котором инженер-технолог некоторые операции выполняет вручную. Внедрение данной системы позволит значительно сократить время на составление ТП, тем самым повысив эффективность работы технолога.

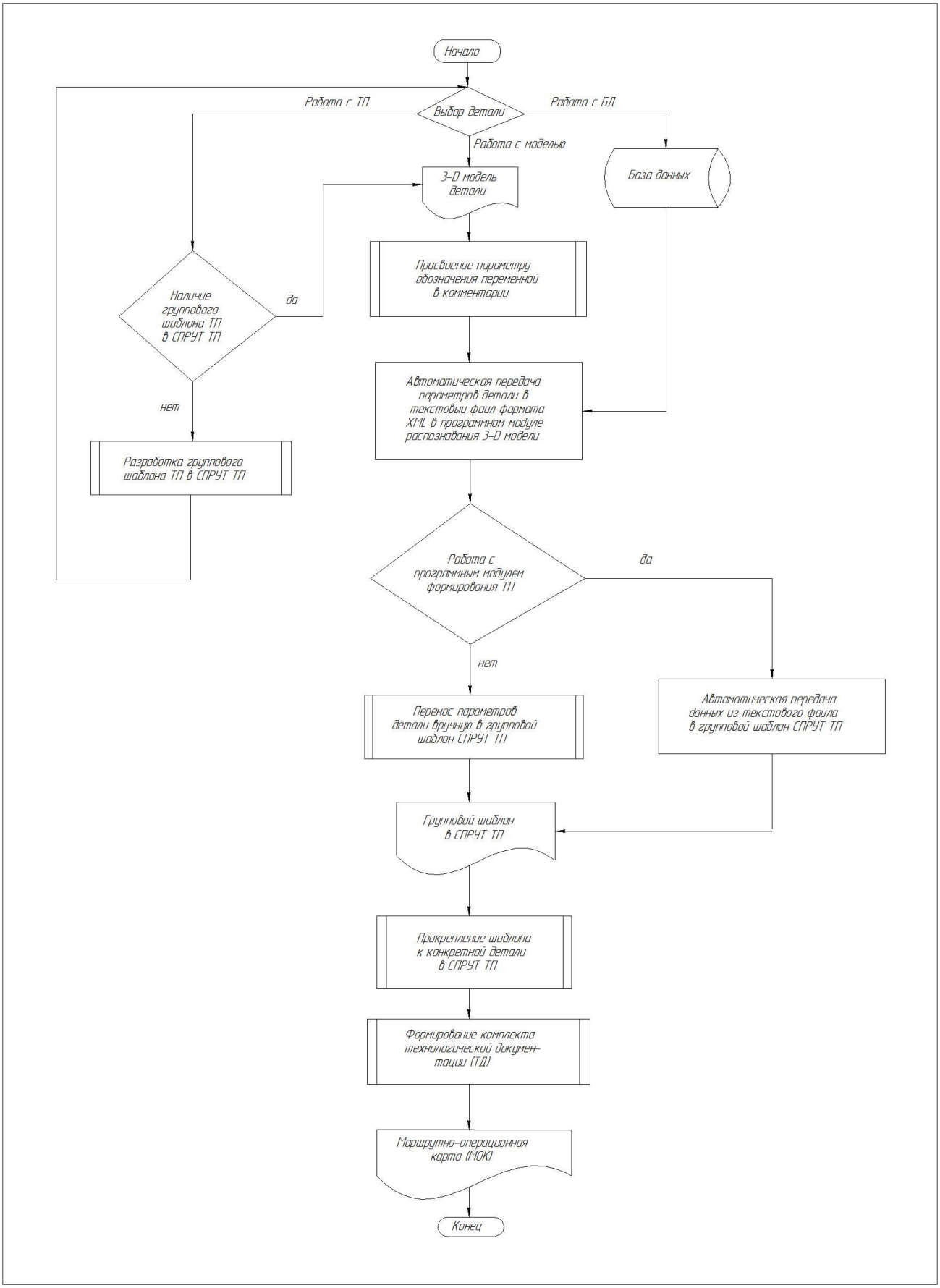


Рисунок 1 - Схема алгоритма функционирования САПР ТП

Список литературы

1. Сергеев, А.И. К вопросу автоматизации проектирования технологических процессов / А.И.Сергеев, А.В. Непейн // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С.1672-1675.

2. Сергеев, А.И. Выбор математической модели для системы автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей буровых установок/ А.И. Сергеев, А.В. Непейн //Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства [Электронный ресурс]:сборник материалов; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург,2022. – С.50-53.

3. Гривачевский, А.Г. Функциональная структура системы автоматизированного проектирования технологических процессов для машиностроительных предприятий / А.Г. Гривачевский, Д.Б. Ермашкевич, Р.Л. Кулик, Б.М. Штейн // Проблемы создания информационных технологий: сб. науч. тр. / Под ред. Г. Г. Маньшина. - М.: Техполиграфцентр, 2014. - Вып. 25. - С. 39-44.

4. Хармац, И. Компас-Автопроект - технологическая подготовка производства в едином информационном пространстве / И. Хармац // САПР и графика. - 2002. - № 9. - С. 23-30.

5. Куликов, Д.Д. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства: учеб.-метод. пособие / Д.Д. Куликов, Е.И. Яблочников, В.С. Бабанин. -СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 136 с.

6. Норсеев, С. Разработка приложений под КОМПАС в Delphi [Электронный ресурс] / С. Норсеев. – Режим доступа: https://norseev.ru/books/kompas-delphi-2013/. – Проверено 15.01.2023.

7. Акулович Л.М. Комбинированный метод автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей машин из металлопроката / Л.М. Акулович, Д.Б. Ермашкевич. – Вестник Белорусско-Российского университета. - 2017. - №2(55). – С. 5-15.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАЛИВА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Несветаев В.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В современной промышленности используется такой грузооборот нефтепродуктов, что возникают весомые причины, для того чтобы обратить внимание на их испарения. В данной связи, в перспективе все наливные пункты должны будут оснащаться системами для сбора и рекуперации паров нефтепродуктов из надтопливных полостей цистерн и резервуаров при наливе для обеспечения экологической безопасности нефтебаз. Правильный выбор оборудования и средств автоматизации влияют на эффективность работы системы в целом. При выборе оптимальных технических решений нужно учитывать критерии, включающие характеристику объекта автоматизации, требования эксплуатационного и сервисного обслуживания.

В результате исследований было установлено, что доля потерь от испарения составляет до 75% от общих потерь на хранении и наполнении (остальные утечки, смешивание продуктов, несчастные случаи).Прямые потери нефтепродуктов приносят ущерб экономического характера (в России годовые потери бензина из-за испарения только на момент поставки нефти превышают 100 тонн, на заправочных станциях более 140 тонн) и ущерб окружающей среде (загрязнение воздуха в районе объектов хранения и дозаправки нефтепродуктов не следует превышать 10...35 г/м3.). Методы, используемые в настоящее время для снижения потерь нефтепродуктов (светоотражающие панели, системы выравнивания газа, понтоны, плавающие потолки), не актуальны и не эффективны во многих случаях с помощью систем разделения и рекуперации пара, можно решить проблему снижения потерь и выбросов в атмосферу во время приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

Укрупненная схема процесса сокращения потерь нефтепродуктов за счет внедрения систем улавливания и рекуперации паров представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Укрупненная схема процесса сокращения потерь нефтепродуктов за счет внедрения систем улавливания и рекуперации паров

Рекуперация (от лат. recuperatio — обратное получение), возвращение части материалов или энергии для повторного использования в том же технологическом процессе.

Используя установки рекуперации паров (УРП) для нефтепродуктов, выполняются следующие задачи: стоимость энергии снижается; срок службы УРП обычно увеличивается; время затрат сокращается; соблюдаются все требования к показателям экологической чистоты. УРП могут работать со всеми видами светлых, тёмных нефтепродуктов, и ароматическими углеводородами (арены). Наиболее эффективная технология подбирается для каждого вида продукта исходя из его характеристик, типа наполнения и производственных мощностей завода.

Технологии, используемые в этом случае, представляет собой несколько способов, а именно: адсорбционные, абсорбционные, компрессионные, мембранные, конденсационные, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны.

Адсорбционный способ - основан на поглощении газов из твердых поглотителей (адсорбентов). К примеру рассмотрим активированный уголь. Сильные стороны: большая степень очистки, возможность обработки плохо насыщенных паров. Слабые стороны обработки паров: дорогое оборудование, громоздкое оснащение, трудность в системной автоматике, постоянная нуждаемость регенерации адсорбента, потребность регулярной замены и утилизации адсорбента, имеется высокий риск возгорания, взрыва.

Абсорбционный способ - основан на процессе поглощения газа жидкостью (абсорбентом), в основном дизелем. Процессы поглощения осуществляются в специальных контактных устройствах массового обмена (абсорберах). Сильные стороны: степень улавливания высокая. Слабые стороны: высокие риски возгорания и взрыва.

Компрессионный способ - сжатие паров углеводородов с последующим охлаждением до температуры окружающей среды и конденсации паров. Это достигается путем создания повышенного давления с помощью жидкостных компрессоров или эжекторов. Компрессор сжимает смесь до давления 0,7-5 МПа, уплотняя 50-99% содержащихся в смеси углеводородов.

Сильные стороны: нет абсорбентов и адсорбентов, даёт возможность осуществлять сбор и транспортировку газа. Слабые стороны: высокое энергопотребление при компрессии, высокая доля конденсации при больших давлениях компрессии, большой риск повышения температуры при сжатии кислородосодержащих смесей, высокие затраты на заполнение емкостей инертным газом. Необходимо особое оборудование для координации потока паровоздушной смеси в емкость и контроля управления установкой для снижения до входного давления.

Эжекторные установки. Энергия высокоскоростного потока жидкости используется для сжатия. В процессе выброса ПВС сжимается в сопловом устройстве, а пар поглощается рабочей жидкостью. Сильные стороны: простота конструкции, высокая взрывопожаробезопасность. Слабые стороны: высокое энергопотребление насосной установки для подачи рабочей жидкости, большой уровень её расхода, низкая доля улавливания паров. Необходимо особое оборудование для регулирования расхода газа и жидкости, чтобы исключить снижение входного давления.

Мембранная технология - выбор необходимой селективности и проницаемости мембраны, срок службы, создание высокого давления перед мембраной (без взрыва), увеличение стоимости энергии процесса и необходимость введения адсорбционных или компрессионных цепей для удаления изолированных углеводородов (газов) делают использование высокоточной мембранной технологию трудоемкой. Сильные стороны: не нужны дополнительные реагенты. Слабые стороны: ненадёжность работы при присутствии аэрозолей и воды, обработка газа, дорогостоящие мембраны и их частая замена.

Конденсационные технологии - охлаждение паровоздушной смеси без изменения давления до тех пор, пока углеводороды не конденсируются в жидкую фазу. Конденсационные установки, сильные стороны: способность конденсировать газы, несовместимые с активированным углем, не нужно присутствие абсорбирующего вещества; слабые стороны: высокий риск взрыва и возгорания от подачи в холодильник ПВС, проблемы с образованием льда. Криогенный способ, сильные стороны: оборудование не имеет механических движущихся частей или электроприводов, невысокий риск взрыва и возгорания, можно использовать как отдельные агрегаты; слабые стороны: требуется специально обученный персонал, влага замерзает на поверхности теплообмена и замерзает в "мертвых" зонах, стоимость превышает стоимость полученной конденсированной воды, требуется подача жидкого азота.

Комбинированные технологии - различные комбинации процессов конденсации и адсорбции. Сильные стороны: большая доля улавливания паров. Слабые стороны: высокозатратное оборудование и эксплуатация.

Примеры технологий используемых при рекуперации бензинов.

Технология углеродно-вакуумной адсорбции (CVA), рисунок 2. часто используемым технологическим процессом является добыча паров бензина. Прост в эксплуатации. Эффективен. Самая популярная технология в мире. Используются либо жидкостные кольцевые вакуумные насосы, либо сухие вакуумные насосы. Эффективна для авто- и ж/д-налива, резервуарного парка.

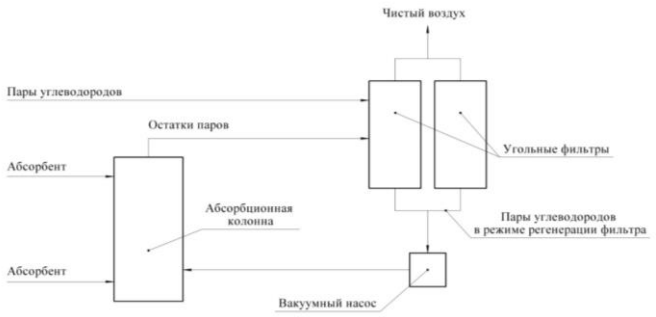


Рисунок 2 – Схема процесса углеродно-вакуумной адсорбции

Углеродно-вакуумное конденсирование под давлением (CVPC), рисунок 3. Углеродно-вакуумная адсорбция, с дополнительным циркуляционным узлом и компрессии абсорбента. Используют, когда отсутствует возможность подачи свежего абсорбента из парка резервуаров. Узел циркуляции и компрессии абсорбента добавляется внутри самой установки.

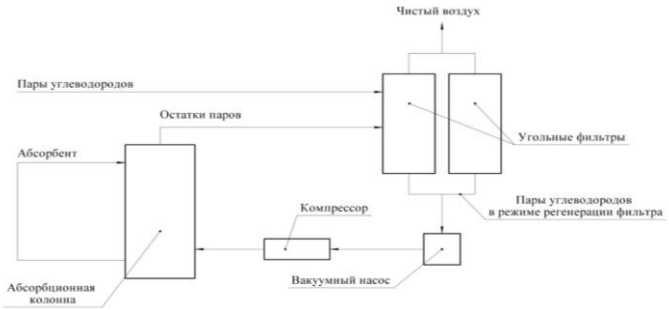


Рисунок 3 – Схема процесса углеродно-вакуумного конденсирования

Холодная жидкая абсорбция (CLA), рисунок 4. Процесс - первая разработка в истории обработки паров углеводородов. Разработан в 70-х годах. В настоящее время является устаревшим. Существенно уступает в эффективности процессу CVA. Имеет дополнительные технологические узлы: узел рециркуляции охлаждающей жидкости.

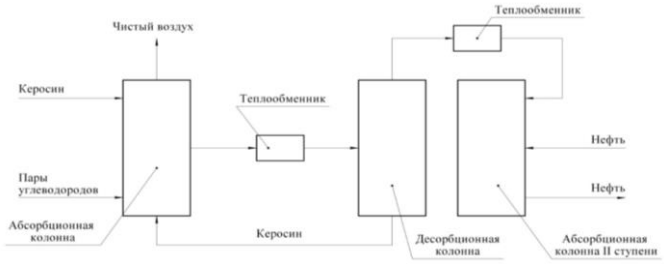


Рисунок 4 – Схема процесса холодной жидкой абсорбции

Процесс мембранной фильтрации, рисунок 5. По причине потребности обеспечения постоянного потока паров на установку и низкой производительности систем не используется.

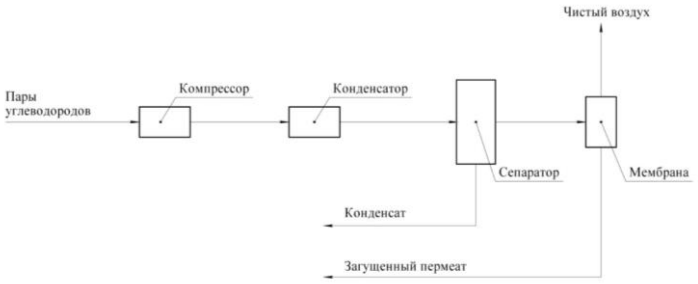


Рисунок 5 – Схема процесса мембранной фильтрации

При рекуперации нефти используются указанные выше технологии: углеродно-вакуумной адсорбции (CVA) и углеродно-вакуумного конденсирования под давлением (CVPC).

Резервуарный парк. Испарение нефтяных паров (нефтепродуктов) в парке резервуара происходит при небольших (изменение температуры окружающей среды) и больших (наполнение резервуаров) дыханиях. Решением этой проблемы является газоуравнительная система, соединяющая между собой все резервуары, по которой пары со всех резервуаров попадают на установку рекуперации паров. Использование установки УРП, при операциях налива и хранения углеводородов, значительно увеличивает эффективность этой системы. Для резервуарного парка оптимальным технологическим процессом является CVA, из-за возможности поставки свежих абсорбентов, простого состава нефтяных паров и невысоких производственных возможностей на площадке.

Автомобильный и железнодорожный налив. При наливе даже с полной герметичностью теряется порядка 10% продукта в результате испарения (исследования лондонского Institute of Petroleum по заказу Европейского Союза). Чтобы избежать потери продукта, обычно устанавливается система возврата паров, при которой пар из цистерн возвращается в резервуары и оттуда попадает в установку рекуперации паров. В этом варианте система УРП обрабатывает пары не только во время налива, но и работает с небольшими дыханиями резервуаров. Самым оптимальным технологическим процессом для налива является CVA.

Математическая модель процесса вытеснения паров нефти во время налива железнодорожных цистерн, позволяющая в условиях действующего производственного объекта приближенно определять параметры эмиссии углеводородов при минимуме контролируемых параметров описана в статье «Моделирование процесса вытеснения нефтяных паров при наливе железнодорожных цистерн» в № 6 за июнь 2019 журнала Территория «Нефтегаз». Решить проблему интенсивного испарения нефтепродукта в процессе налива, приводящего к загрязнению атмосферного воздуха и потере ценного продукта, авторами статьи предложено при помощи УРП и изыскании возможностей повышения экологической безопасности, а также оптимизации работы систем УРП на действующих объектах налива железнодорожных

цистерн с учетом существующего уровня их автоматизации и оснащенности приборами контроля, за счет монтажа кислородомера на линии организованного отвода паров от наполняемых железнодорожных цистерн, которая позволяет в динамическом режиме осуществлять мониторинг параметров эмиссии углеводородов. Эффективность моделирования подтверждена численными примерами расчета изменения объемных долей компонентов газовоздушной смеси и коэффициента превышения за время операции налива железнодорожного маршрута.

Ниже приведены примеры и укрупненные характеристики имеющихся систем рекуперации паров бензина возможные для применения на нефтебазах и автозаправочных комплексах (системы рекуперации паров бензина / процент рекуперации или улавливания паров, % / возврат бензина в виде товарного топлива от рекуперации паров, % от общего объема реализованного бензина / метод рекуперации / объекты рекуперации):

1. TST Electronics GmbH Vareco VENT/TSMF=014 / 99 % / 0,3 % / мембранный / испарение топлива при переливе из бензовоза в резервуары АЗК; испарения в процессе хранения топлива; испарения в процессе наполнения баков клиентов. Налив и хранение на нефтебазах;

2. JORDAN- TECHNOLOGIES MT M2 / 92 % / 0,12 % / абсорбция + адсорбция / испарения при переливе топлива из резервуаров нефтебаз в бензовоз; испарения в технологической цепочке производства;

3. МГТУ им. Н.Э. Баумана "ЭРЕСТ" / 89 % (при положительных температурах) / 0,15 % / конденсационный / испарения при переливе топлива из резервуаров нефтебаз в бензовоз; испарение топлива при переливе из бензовоза в резервуары АЗК;

4. ООО "Эко Гео-Системы" БАРК-60 ВД / 92-98 % / нет / абсорбция / испарение топлива при переливе из бензовоза в резервуары АЗК.

Основные компоненты установок: адсорберы, абсорбционная колонна, площадка адсорбции, запорная арматура, насосы (вакуумные) и щит управления. Работа происходит в автоматическом режиме, есть режим управления каждой частью установки «вручную»: насосами, арматурой и т.д.

Автоматическая система УРП разработана как компонент станции налива и включает в себя: программируемые датчики и устройства; программируемый логический контроллер, подключенный к заправочной станции через шину Profibus, который контролирует положение клапанов, сообщает о производительности насоса, температуре, расходе и давлении. Для просмотра управления процессом установки используется персональный компьютер на месте оператора. Работа персонала, обслуживающего установку, будет регистрироваться сервером установки налива, реализующим его базу данных.

Принцип действия УРП (рисунок 7). В наливной цистерне есть смесь углерода в воздушных потоках, которая начинает вытесняться нефтепродуктами при заполнении. Через специальную трубопровод воздух проходит через входную линию. По умолчанию в комплектацию входит

система вентиляции, которая заставляет поток двигаться и создает разряд в паропроводе.

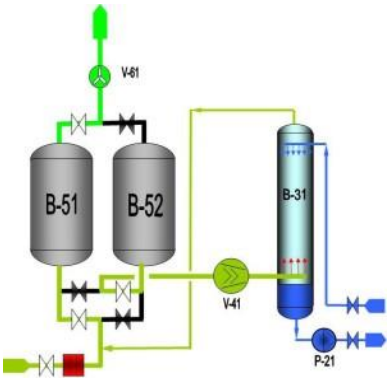


Рисунок 7 – Принципиальная схема установки

Технология улавливания сформирована на использовании адсорбции активированного угля и вакуумной десорбции. Дальнейшая абсорбция осуществляется с помощью жидкого абсорбента. В зависимости от модели устройство может поступать из двух адсорбентов, что позволяет использовать его непрерывно. Во время работы первого адсорбера второй восстанавливается. Активированный уголь насыщается углеводородами во время рекуперации пара, а затем восстанавливается в результате разряда с помощью насоса. Чистый воздух вводится в адсорбер для удаления вакуума. Устройство оснащено датчиком контроля газов на выходе, для отслеживания степени насыщения адсорбента. Предварительно отфильтрованные воздушные потоки выбрасываются в атмосферу. При увеличении концентрация углеводородов, пары подаются через насосы к абсорбционной колонне с прямым контактом с абсорбентом, которым могут являться дизельное топливо, бензин и другие нефтепродукты. После абсорбции продукт автоматически закачивается в резервуар.

Основными техническими средствами системы управления являются: низшие технические средства-датчики и приводы; средние технические средства-программируемое управление микропроцессором и сетевым оборудованием – высшие технические средства-автоматические рабочие станции (АРМ) на базе компьютерных операционных станций и пакетов SCADA. Он отображает запущенные процессы и их технические параметры.

Для моделирования процессов адсорбции используется метод наименьших квадратов для оценки неизвестных величин на основе результатов измерений случайных ошибок. Необходимо представить переход с локального оборудования автоматизации на костюм ТР, основанный на микропроцессорной технологии. Микропроцессорная технология позволяет значительно расширить функции и характеристики автоматических устройств, распределенных по энергосистеме, которая контролирует производство, передачу и потребление энергии как в нормальных, так и в чрезвычайных ситуациях. Система управления, состоящая из оборудования, представляет собой жесткую конструкцию. Оборудование соединено друг с другом

электрическими кабелями и коммуникациями. Изменение структуры или функциональных законов во время работы требует переустановки. При использовании микропроцессорной технологии и наличии датчиков необходимо обеспечить: диагностику состояния оборудования; прогнозирование и аварийное расположение; оптимизацию работы технологического оборудования и процессов. Все основные параметры процесса размещаются на панели управления, подключенной к модулю процессора через кабель связи RS-485. Для отображения используется режим SCADA system Trace 6. Для автоматизации этого процесса используется распределенная система управления и сбора данных, которая может: значительно снизить стоимость проводного трафика датчика; приблизить производительность современных вычислительных устройств к управлению; улучшить выживаемость всей системы, легко заменить недостающие элементы, скопировать критические узлы; использовать принцип модульности, чтобы сделать отдельные элементы и узлы системы относительно независимыми и автономными; реализовать не всю систему одновременно, а постепенно; снизить затраты на совершенствование системы, быстрое расширение и наращивание потенциала; быстро интегрировать новые системы по всей компьютерной сети компании. Компоненты распределенной системы управления подключаются к программному обеспечению через стандартные сетевые интерфейсы аппаратного уровня и стандартные протоколы. Поскольку рекуперация является взрывоопасным производством, используется оборудование и технические средства во взрывоопасном исполнении. Система управления регенерацией, основанная на микропроцессорной технологии с современным оборудованием для автоматизации производственных процессов, отвечает указанным требованиям. Поскольку САУ распределена, во время установки нового оборудования модернизация упрощается. Элементы системы автоматического управления относительно независимы и автономны.

Анализ потерь бензина на нефтебазах от испарений могут составлять от 0,25 до 0,35 % от объема. При наливе 16 000 тыс. литров потеря составит0,30 % или 48 тыс. литров в год. Система УРП возвратит этот объем. Для УРП характерна окупаемость в течение срока эксплуатации от 6 месяцев до 1 года.

Совершенствование технологического процесса налива светлых нефтепродуктов возможно обеспечить при внедрении в состав автоматической установки налива светлых нефтепродуктов УРП. Достижение намеченной цели будет достигнуто, за счет сокращения потерь в бизнесе, вызванных испарениями продукта, а также ввиду улучшения экологической обстановки в зоне расположения нефтебазы, в связи с производимой при рекуперации очисткой паровоздушной смеси.

Список литературы

1. Бронштейн И.С. Выбор технических средств для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров и транспортных емкостей / В.Ф.

Вохмин, В.Е. Губин, П.Р. Ривкин // Методическое пособие «ЦНИИТЭнефтехим». Москва. – 1969. – С.169.

2. Алтунин И.В. Установки улавливания и рекуперации паров нефти и нефтепродуктов – надежный инструмент сокращения выбросов в атмосферу // Нефть и газ Сибири № 3 (36). Омск. – 2019.

3. Пшенин В.В. Моделирование процесса вытеснения нефтяных паров при наливе железнодорожных цистерн / Н.А. Зарипова, А.К. Николаев // Территория «Нефтегаз» № 6 за июнь. Москва. – 2019.

ДЕФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УКЛАДКЕ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА

Нестеренко Р.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент,
Магдин А.Г., канд. техн. наук, доцент,
Кудрявцев Д.В., Жанзакова Д.К.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Слоистые металлополимерные материалы относятся к семейству гибридных материалов, структурно состоящих из слоев алюминиевой фольги, скрепленных адгезионными слоями. Такие композитные формируется из слоев алюминия и препрега и обладают пониженной плотностью (от -9 % до -11 % по сравнению с алюминием марки 2524) и высокими показателями усталостной прочности и устойчивости к повреждениям и образованиям трещин. Из-за более низкого модуля Юнга подобные материалы оказываются менее жестким и не могут быть применены в силовом наборе, работающем на смятие, но могут быть использованы при изготовлении, например, верхней части обшивки фюзеляжа [1, 2].

В процессе автоматизированного производства слоистых металлополимерных композитных материалов могут возникать дефекты, например, зазоры или нахлесты между соседними слоями препрега, образующиеся при в процессе укладки. Цель данной статьи – рассмотреть влияние подобных дефектов на механические свойства слоистых металлополимерных материалов в зависимости от размеров дефекта.

Помимо того, что слоистые металлополимерные материалы имеют отличное соотношение прочности и массы, чередование металлических и полимерных слоев обеспечивает также высокие значения таких характеристик, как усталостная и остаточная прочность, устойчивость к повреждениям [2, 3], что в значительной мере повышает эксплуатационные характеристики летательного аппарата. В аэрокосмической отрасли наиболее часто применяется материал GLARE (с англ. – Glass Laminate Aluminum Reinforced Epoxy), который формируется из слоев алюминия 2024T3 и стеклянного препрега FM94-S2 (рисунок 1). А в модернизированном материале HSS-GLARE, который изготавливается из фольги 7475T761 и препрегом FM906, были улучшены характеристики прочности и жесткости, благодаря чему может быть обеспечено снижение веса гибридных обшивок. Это позволит закрепить преимущество обшивки фюзеляжа из GLARE или российского СИАЛ над обшивками из алюминиевых сплавов [5-7].

Автоматизированный процесс укладки лент препрега на алюминиевые листы увеличивает вероятность появления зазоров и нахлестов в итоговом материале в сравнении с результатом укладки, выполненной вручную. Некоторые из производственных дефектов, возникающих при укладке GLARE, являются типовыми для композитов, получаемых в результате автоматизированного производства, однако влияние этих дефектов на материал GLARE может отличаться от типового, так как во время автоклавного отверждения (под давлением) зазоры и нахлесты изменяют свои геометрические размеры, а следовательно, и влияние на характеристики материала.

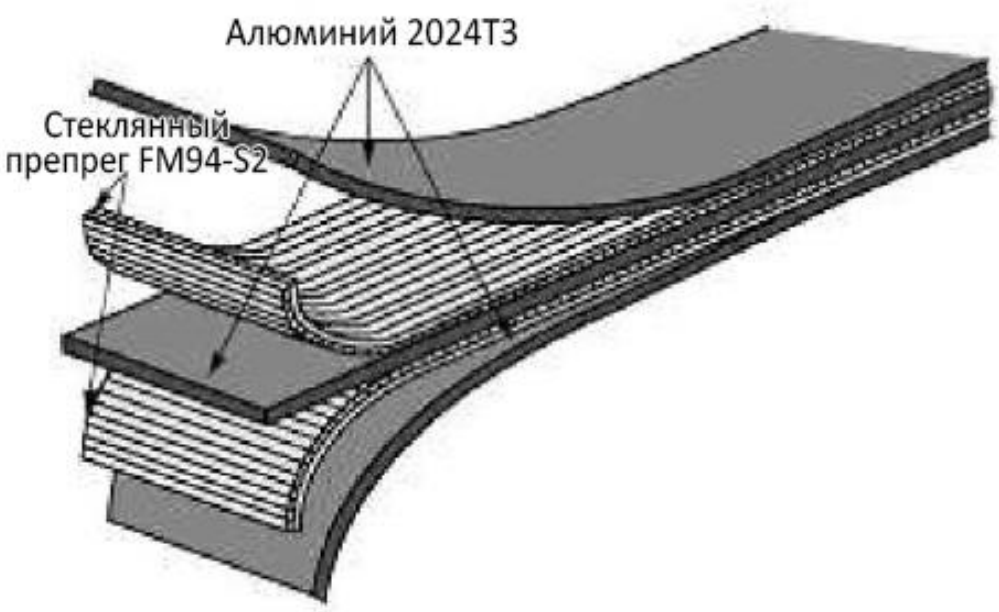


Рисунок 1 – состав материала GLARE

При производстве материала GLARE или его российского аналога СИАЛ возможно возникновение двух типов дефектов: тех, что являются типовыми для композитных материалов и тех, что связаны с повреждением алюминиевых листов при выполнении укладки. Зазоры и нахлесты возникают при слишком близком размещении слоев препрега друг с другом, а пластические деформации алюминиевых листов, которые называются перегибами, возникают при ошибках во время укладки слоев алюминия. Наиболее критичными по своему влиянию на итоговый материал являются зазоры и нахлесты, описываемые в данной статье.

Нахлесты, возникающие при автоматизированной укладке слоев препрега, являются локальными скоплениями, которые не должны оказывать сильного влияния на итоговые характеристики прочности материала. Авторами

статьи [8] были проведены испытания на сжатие материала с помощью установки, принцип работы которой основан на стандарте ASTM D6641, разработанном для испытания на сжатие композитных материалов с полимерной матрицей [9]. При выполнении испытания нагруженные волокна располагались в продольном направлении и не имели нахлестов, в отличие от слоев препрега, уложенных перпендикулярно направлению алюминиевых листов, в которых нахлесты присутствовали. Нахлесты препрега, уложенного перпендикулярно слоям алюминия, могут вызвать локальную деформацию алюминиевых листов, поэтому в ходе данного испытания можно оценить влияния подобного дефекта на характеристики материала. Авторы статьи пришли к выводам, что нахлесты влияют на сопротивляемость материала усталостному разрушению.

В свою очередь зазоры, возникающие в слоистых металлополимерных материалах приводят к значительному снижению прочности при растяжении. Отсутствие волокон при зазоре снижает предельную прочность все изделия и приводит к более раннему разрушению образца из исследуемого материала.

Результатами проведенных авторами рассмотренных статей исследований стало выявление последствий возникновения зазоров и нахлестов при укладке слоев композита. Зазоры приводят к ухудшению механических характеристик материала, снижению прочности. Прочность при растяжении более чувствительна к наличию зазоров в сравнении с прочностью при сжатии, а нахлесты приводят к локальному деформированию слоев алюминия, что снижает усталостную прочность изделия.

Список литературы

1. Wanhill R.J.H. (2017) GLARE®: A Versatile Fibre Metal Laminate (FML) Concept. In: Prasad N., Wanhill R. (eds) Aerospace Materials and Material Technologies. Indian Institute of Metals Series. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2134-3_13

2. Ucan, H., Scheller, J., Nguyen, C., Nieberl, D., Beumler, T., Haschenburger, A., Meister, S., Kappel, E., Prussak, R., Deden, D., Mayer, M., Zapp, P., Pantelelis, N., Hauschild, B. & Menke, N. (2019). Automated, Quality Assured and High Volume Oriented Production of Fiber Metal Laminates (FML) for the Next Generation of Passenger Aircraft Fuselage Shells. *Science and Engineering of Composite Materials*, *26* (1), 502-508. https://doi.org/10.1515/secm-2019-0031

3. Ad Vlot WG. Fibre metal laminates: An introduction. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

4. Vermeeren C. An historic overview of the development of fibre metal laminates. Applied Composite Materials. 2003; 10:189-205.

5. Слоистые металлополимерные материалы в элементах конструкции воздушных судов / Н. Ю. Подживотов, Е. Н. Каблов, В. В. Антипов [и др.] // Перспективные материалы. – 2016. – № 10. – С. 5-19.

6. Слоистые гибридные материалы на основе листов из алюминий-литиевых сплавов / В. В. Антипов, Н. Ю. Серебренникова, В. В. Шестов, В. В. Сидельников // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № S. – С. 212-224. DOI:10.18577/2071-9140-2017-0-S-212-224

7. Возможности применения алюмостеклопластиков в обшивках фюзеляжа самолета / Антипов В. В., Сидельников В. В., Самохвалов С. В. [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 77-82.

8. Abouhamzeh, M., Nardi, D., Leonard, R., & Sinke, J. (2018). Effect of prepreg gaps and overlaps on mechanical properties of fibre metal laminates. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 114, 258-268. https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.08.028

9. ASTM. D6641/d6641m − 16 standard test method for compressive properties of polymer matrix composite materials using a combined compression (clc) test fixture. West Conshohocken, PA: ASTM International, www.astm.org.

АНАЛИЗ ДВУХ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ АВИАЦИОННОЙ КРЫЛАТОЙ РАКЕТЫ

Никитин И.С., Близинцев Д.А., Исмаилов Ж.А.о.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Изобретение ракет началось во время Второй мировой войны, когда немецкими войсками была запущена первая летающая бомба Фау-1. Затем инженерная группа немецкой армии разработала новую эру баллистических ракет – Фау-2. Они были способны развивать сверхзвуковую скорость более 3 Маха, что позволяло преодолеть 270 км всего за пять минут.

Во время холодной войны между США и Россией оружейные технологии быстро развивались между двумя сверхдержавами, представляющими блок капиталистов и коммунистов, производя многомодернизированного оружия за это время. Гонка технологий также наблюдалась до сих пор, в том числе в области аэронавтики и ракетных систем.

Движение крылатой ракеты отличается от движения артиллерийского снаряда, такого как миномет. Это связано с тем, что артиллерийский снаряд ведет себя как снаряд, где его начальная скорость и угол проецирования должны быть заранее определены, чтобы доставить снаряд к цели на основе требуемой дальности. Крылатые ракеты имеют свою собственную траекторию полета.

Крылатые ракеты работают в четыре этапа: набор высоты, крейсерский полет, пикирование и обкатка.

Набор высоты - это фаза, когда ракета летит по вертикальной оси, чтобы достичь требуемой высоты перед полетом. Крейсерский полет - это когда ракета движется с постоянной скоростью и ускорением, близким к нулю. Стадия пикирования - это когда ракета маневрирует по рысканию в направлении меньшей высоты, чтобы избежать обнаружения радаром и перехвата системой противовоздушной обороны. Это перемещение требует маневров с высокими энергозатратами и уменьшает общую продолжительность миссии, благодаря высокому расходу топлива. Заключительный этап - это фаза обкатки перед попаданием в цель. Ракеты также способны перемещаться на очень малой высоте, чтобы избежать перехвата системой противовоздушной обороны.

Каждому летающему объекту, имеющему симметричную форму и фюзеляж, необходим угол атаки для создания подъемной силы. Точно так же ракете требуется угол атаки, чтобы создать аэродинамическую силу. В принципе, большинство крылатых ракет имеют симметричную форму. Набегающий поток создает подъемную силу на крыле ракеты. Высокая

скорость воздуха создаст высокое значение подъемной силы, это приведет к высокой скороподъемности крылатой ракеты.

Значения угла атаки также влияют на создаваемую подъемную силу. Значение угла атаки непосредственно пропорционально коэффициенту подъемной силы до тех пор, пока не достигнет определенного угла, при котором аэродинамическое сваливание вызывает уменьшение коэффициента подъемной силы.

Угол скольжения β - это угол между центром фюзеляжа и направлением воздушного потока. Этот угол возникает, когда ракета совершает рыскание при маневре. При обходе препятствий на траектории полета ракета обычно использует движения рыскания и тангажа. Угловое движение, которое происходит по оси y, называется креном.

Разработка перспективной крылатой ракеты актуальная тема, так как в сравнении со сверхзвуковыми и гиперзвуковыми собратьями, затраты на проектирование, производство и использование этих ракет в разы меньше.

От выбора аэродинамической схемы крылатой ракеты зависят ее дальнейшие характеристики: скорость полета, критический угол атаки, расход топлива, аэродинамическое качество.

Один из путей развития крылатых ракет – применение стреловидного крыла. Его можно применять в различных компоновках. Классическая компоновка подразумевает схему самолетного типа со стреловидным крылом, также может использоваться схема с крылом обратной стреловидности. У этой схемы есть воплощение в мире самолетов - Су-47. Крыло обратной стреловидности обеспечивает увеличение допустимых углов атаки и угловой скорости разворота, снижение лобового сопротивления, улучшение компоновочной схемы ракеты. Схемы ракеты с крылом прямой и обратной стреловидности изображены на рисунке 1.

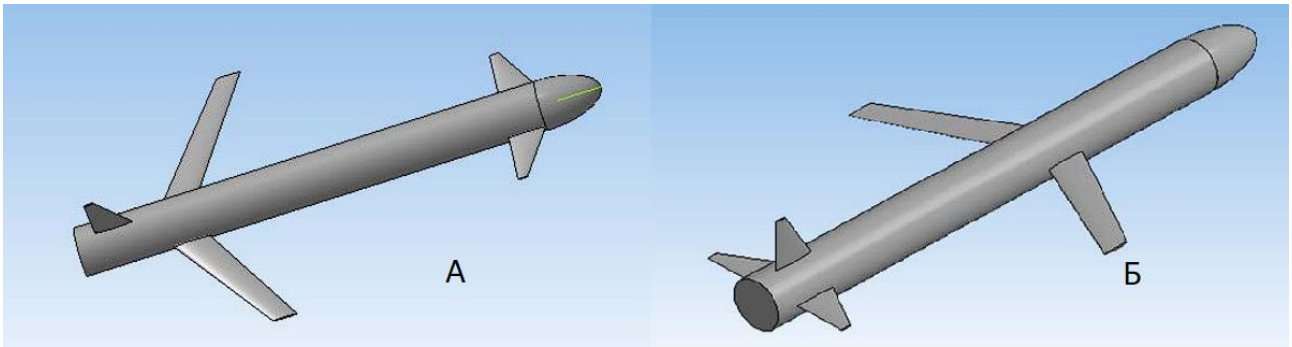


Рисунок 1 – Типы компоновки ракет с крылом прямой (Б) и обратной (Б) стреловидности.

Схема ракеты с крылом обратной стреловидности обеспечивает более низкие потери при балансировке в статически установившемся полете, это дает преимущество в значении подъемной силы, оно больше по сравнении с

нормальной схемой.

При всех преимуществах схемы с крылом обратной стреловидности, нормальная схема имеет лучшее аэродинамическое качество и из двух этих схем нельзя выбрать фаворита. Для определенных задач обе схемы имеют право на существование, выбор остается за конструктором.

Список литературы

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

2. Гахун, Г.Г. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» / Г.Г. Гахун, В.И. Баулин, В.А. Володин и др. – Москва: Машиностроение, 1989. – 424 с.: ил.

3. 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.

4. 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.

ПРИМЕНЕНИЕ CAD-СИСТЕМ ПРИ РАСЧЕТАХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

Аэрокосмическая промышленность является приоритетным направлением для нашей страны. На предприятия, занятых в этих отраслях, накладываются большие обязательства, и в связи с этим многие решения принимаются под контролем государства. Каждая допущенная ошибка на этапе производства и проектирования может привести к непредвиденным результатам. Поэтому на таких производствах все больше внедряют программные продукты, позволяющих моделировать ситуацию и возможные исходы при различных обстоятельствах, что в свою очередь позволяет контролировать качество продукции и снижать риски.

Эксперимент – метод исследования объекта, проводимый в определённых условиях, путём их контролируемого изменения.

При разработке летательного аппарата большое внимание уделяется обеспечению прочностных и аэродинамических характеристик. Для этого необходимо учитывать определенные условия, направленные на минимизирование негативных случаев при полете летательного аппарата.

Решение данной проблемы заключается в обеспечении безопасности полетов и достижении требуемых характеристик на этапе проектирования, путем анализа результатов моделирования ситуации движения летательного аппарата в пространстве. При проведении анализа результатов имитационного моделирования, важное значение имеет достоверность аэродинамических характеристик возмущенного потока.

При помощи анализа аэродинамических характеристик летательного аппарата путем метода эксперимента, как правило, используют продувку в аэродинамических трубах, такой способ приводит к существенным временным и финансовым затратам. Для определения формы летательного аппарата, для достижения требуемых аэродинамических характеристик требуется провести большое количество, так называемых, продувок при различных углах атаки, скольжения и скорости набегаемого потока воздуха [1]. Основные достоинства и недостатки метода эксперимента представлены в таблице 1.

Таким образом, анализ результатов продувок при различных переменных, по определению аэродинамических характеристик, занимают продолжительное время. Поэтому на ранних этапах проектирования, экспериментальный метод продувки в аэродинамических трубах не представляется целесообразным. В

связи с этим, наиболее верно будет использовать CAD-системы для комплексного газо-гидродинамического анализа.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки метода эксперимента

Метод эксперимента	
Достоинства	Недостатки
Обеспечивается достаточно высокая точность результатов	Условия деятельности исследуемого объекта не соответствует реальности
Возможность проведения повторного исследования в аналогичных условиях	Искусственный характер ситуации снижает возможность для объективных выводов
Осуществляется полный контроль за всеми переменными анализа	

Расчеты имитационными методами путем использования программных средств применяются для обоснования выбранной аэродинамической схемы ЛА, что позволяет подготовиться к проведению последующих экспериментальных исследований. Достоинства рассматриваемого способа позволит существенно снизить стоимость последующих продувок и сократить время на разработку аэродинамической компоновки летательного аппарата [2].

Можно выделить основные программы для проведения расчета аэродинамических характеристик: KompasFlow, xFlow, SolidWorks. В основе расчета каждой из приведенных программ лежит дифференциальное уравнение в частных производных Навье-Стокса.

Принцип расчета аэродинамических характеристик лежит в следующем:

1 Генерация расчетной сетки.

Разбиение исследуемой области на ячейки (чем больше ячеек, тем точнее результаты), совокупность таких ячеек и называют расчетной сеткой, рисунок 1. Основная проблема данного принципа, заключается: в формировании размеров ячеек; в сложных моделях увеличения количества ячеек; в повышении затрат в техническом обеспечении и машинного времени;

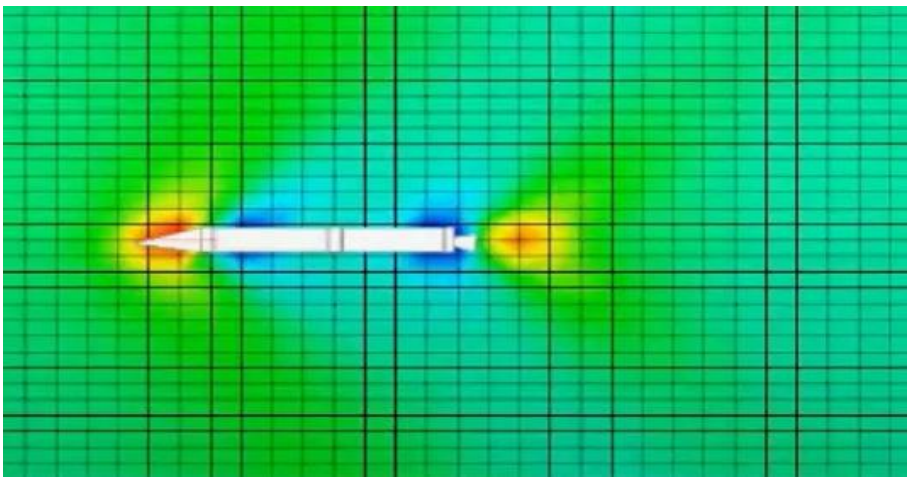


Рисунок 1 – Расчетная сетка с зонами распределения давления

2 Разработка численного алгоритма, учитывающего переменные среды, форму и объем исследуемого тела;

3 Моделирование турбулентных потоков.

После проведения расчетов и получения результатов, на следующем этапе, для подтверждения достоверности расчетных результатов, полученных при помощи имитационного моделирования CAD-систем, необходимо провести их сравнение с результатами экспериментов, при использовании аэродинамических труб. Сравнительные результаты, полученные при продувке бака в АДТ и путем имитационного моделирования, представлены на рисунке 2.

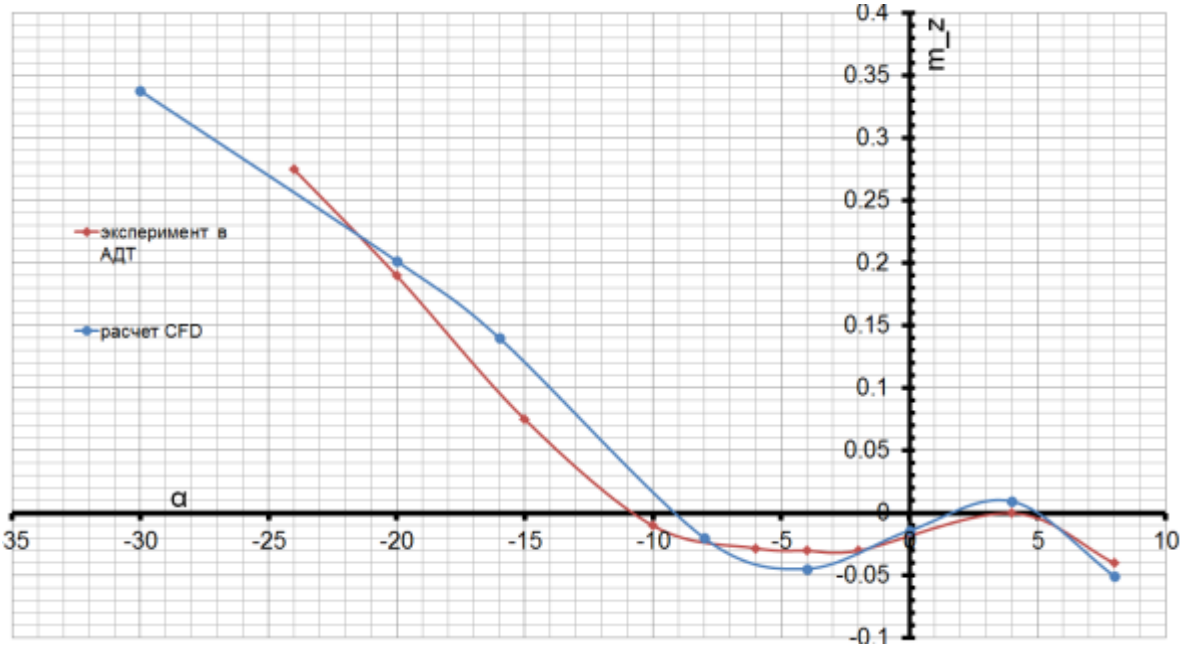


Рисунок 2 – Сравнение результатов двух методов анализа

Исходя из сравнения полученных результатов, можно отметить сходимость графиков имитационного и экспериментального методов анализа.

Расхождения же графиков можно объяснить следующим:

1 Продувки проводятся на уменьшенной модели, что снижает точность в отличие от реальных условий.

2 Упрощение сетки в имитационной среде, как было сказано выше «чем больше ячеек, тем точнее результат» [3].

В статье были рассмотрены экспериментальный и имитационный методы анализа аэродинамических характеристик. Представленные методы имеют свои недостатки и достоинства, что позволяет с достаточной точностью проводить аэродинамический анализ проектируемого летательного аппарата. 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. Применение систем компьютерной инженерии при расчетах аэродинамических характеристик грузов, отделяемых от летательного аппарата / О.В. Корижин, О.Б. Пащенко, М.В. Филиппов / Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Электрон. журн. – 2014. – № 11. – С. 320–329. –Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/739817.html

БУДУЩЕЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – ЗА АДДИТИВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Панарина О.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

3D-печать (метод аддитивного производства) считается одним из самых прорывных нововведений в производственной сфере. Он полностью изменил способ производства деталей/компонентов и оборудования в промышленности, а также их дизайн и разработку. 3D-печать позволяет исследователям и производителям разрабатывать сложные формы и структуры, которые ранее считались невозможными при использовании традиционных методов изготовления. Растущая потребность в гибких объектах для различных применений, таких как адаптивные ветряные турбины, способствовала появлению 3D-печати. Внедрение аддитивного производства – важный виток в развитии авиастроительной отрасли, что позволяет создавать технические объекты облегченной конструкции с уникальными физико-механическими свойствами, при этом снизить вес летательного аппарата, а значит, сократить издержки на топливо и материалы.

В течение многих лет аэрокосмическая промышленность сталкивалась с производственными проблемами – ограниченная мощность, сложная геометрия, требования к прочности и термостойкости, и это лишь некоторые из них.

Однако компании аэрокосмической отрасли быстро осознали ценность аддитивного производства и внедрять его в свое производство.

Понимание аддитивного производства для аэрокосмической отрасли

Аддитивное производство, иногда называемое 3D-печатью, основано на программном обеспечении автоматизированного проектирования (САПР) для создания объектов слой за слоем. В процессе можно использовать широкий спектр материалов, таких как:

– титан;
– алюминий;
– соединения на основе никеля;
– кобальт, хром;
– стали.

Аэрокосмическая и оборонная промышленность одним из первых внедрила аддитивные технологии и в настоящее время является одним из крупнейших участников рынка, на долю которого в 2018 году приходилось примерно 18% мирового дохода. К 2022 году рынок аэрокосмической 3D-печати превысил 3 миллиарда долларов из-за растущего спроса на легкие 3D-

печатные детали для авиационных двигателей. Это также новаторский сектор аддитивного производства, который прокладывает путь к серийному производству.

Лучшая производительность при меньшем количестве деталей

В 2022 году General Electric удалось уменьшить количество компонентов гражданского турбовинтового двигателя с 855 до 12 с помощью 3D-печатных деталей, снизив его вес на 45 кг, улучшив топливную экономичность на 20% и увеличив мощность на 10% – и все это при одновременном снижении эксплуатационных расходов.

Аддитивные технологии обеспечивают уровень точности, которого не могут достичь классические технологии производства, что позволяет создавать более сложные конструкции. Полученные в результате цельные печатные детали также прочнее и менее подвержены поломке, так как в них нет стыков.

В сочетании с программным обеспечением САПР 3D-печать проложила путь к более легким компонентам, требующим меньшего количества деталей. Такая консолидация сокращает затраты и время выполнения заказов, оптимизирует производственный процесс и повышает качество выпускаемой продукции.

Движущая сила перемен в аэрокосмической и авиационной промышленности

Аддитивное производство трансформирует аэрокосмическое производство, сокращая расходы, выбросы углерода, отходы материалов и время разработки, позволяя создавать компоненты, которые ранее были невозможны.

Уменьшение количества деталей и повышение сложности деталей

Аддитивное производство обеспечивает непревзойденную свободу и сложность проектирования, позволяя консолидировать детали, что может значительно сократить затраты и время, связанные с созданием компонентов.

Простота обработки и сокращение отходов

Хотя материалы, используемые для измерения добавленных веществ, являются более дорогими, сокращение отходов материалов и экономия затрат в результате упрощения цепочки поставок компенсируют материальные затраты.

Меньший вес

3D-печать делает самолеты более безопасными, легкими и эффективными. Аэрокосмический бизнес требует качества, разумности, надежности и пониженного веса. Аддитивное производство отвечает всем этим требованиям.

Более гибкое планирование производства

Аддитивное производство позволяет производить более сложные формы, материалы и функции. Например, при необходимости в разных слоях детали могут использоваться разные материалы.

Это также допускает прогрессивную сложность. Дизайнеры могут планировать многомасштабные конструкции от микроструктуры через мезоструктуру (размеры масштаба в миллиметровом диапазоне) до макроструктуры.

Снижение выбросов CO2

Авиационная промышленность производит около 2% всех антропогенных выбросов углекислого газа (CO2) во всем мире. На воздушные рейсы приходится 12% выбросов CO2 от всех транспортных средств, по сравнению с 74% от уличного транспорта.

Детали, напечатанные на 3D-принтере, позволяют уменьшить это воздействие, поскольку они позволяют создавать более легкие самолеты, которые потребляют меньше топлива.

Более высокая эффективность использования материалов снижает затраты на определенные компоненты

Несколько металлов являются краеугольными камнями в аэрокосмической промышленности, например, легкие титановые композиты и термостойкие суперкомпозиты. Они сложные, дорогостоящие и, как правило, хлопотные.

Аддитивное производство представляет собой более эффективный способ использования этих материалов. В отличие от традиционных методов, при аддитивном производстве расходуется меньше материала и меньше изнашиваются режущие инструменты.

Более короткие процессы разработки и время выхода на рынок

Аддитивное производство позволяет быстро создавать прототипы, позволяя производителям пропустить сборку инструментов и перейти непосредственно к готовым деталям. Это позволяет конструкторам тестировать различные механизмы, выявлять предпочтения клиентов и ограничивать опасность отправки предметов.

Аэрокосмические компании, которые уже используют аддитивное производство

1 General Electric (GE)

В апреле 2015 года GE Aviation получила разрешение FAA на использование распечатанной на 3D-принтере детали в коммерческом реактивном двигателе. Произведенная деталь, корпус датчика, в настоящее время используется в более чем 400 двигателях GE90-94B самолетов Boeing 777.

2 Boeing

Компания Boeing– американская глобальная организация, которая планирует, производит и продает самолеты, вертолеты, ракеты, спутники, средства радиовещательной связи и ракеты по всему миру. Boeing работает над использованием 3D-печати для изготовления деталей для своих самолетов 787.

3 Аэробус

Airbus вошел в историю в 2014 году, когда первый коммерческий авиалайнер поднялся в небо с первой напечатанной на 3D-принтере металлической деталью – простым титановым кронштейном. Airbus обнаружил, что каждый сэкономленный килограмм предотвращает выброс 25 тонн CO2 в течение всего срока службы самолета. С тех пор Airbus SE получил больше всего заказов в 2019 году и превзошел своего конкурента Boeing.

4 НАСА

НАСА заключило соглашение с Made in Space на сумму 73,7 миллиона долларов о сотрудничестве в производстве деталей. 3D-печать решает ряд проблем с логистикой и ремонтом, с которыми НАСА столкнулось на борту международной космической станции, и предоставляет отличный пример для будущих полетов на Луну и дальше.

Аддитивное производство также набирает обороты в коммерческом производстве. Компании по производству металлов по всему миру, которые традиционно работали с классическими методами, такими как обработка с ЧПУ, теперь также начали предлагать варианты аддитивного производства.

Многие производители, такие как The Federal Group USA в Мичигане, даже получили гранты, которые позволили им быстрее выйти на рынок ALM. Благодаря возможности производить детали с высокими допусками и быстро создавать прототипы при значительно меньших затратах, 3D-печать быстро становится одним из краеугольных камней движения «Индустрия 4.0».

Список литературы

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. - 63 с.

2. Все самое актуальное о мире 3D-печати: новости, блоги, обзоры и технички [Электронный ресурс]. URL: https://3dtoday.ru/wiki/SLM_print/.

3. MIT Technology Review [Электронныйресурс]. URL: https://www.technologyreview.com/.

4. Современные технологии производства [Электронный ресурс]. URL: https://extxe.com/3951/rynok-additivnyh-tehnologij/.

5. Центр аддитивных технологий: промышленные 3D-принтеры 3D Systems, Stratasys,SLM, EOS [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/top3dshop/blog/418739/.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРГА ПОТЕРЬ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

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

Системы водоснабжения служат для обеспечения населения одним из самых важных ресурсов – водой. От их стабильной и качественной работы напрямую зависит удовлетворение потребностей общества и обеспечение его комфортного существования. Рассматривая основные проблемы в этой сфере, можно выделить высокий износ оборудования, в первую очередь водопроводных труб, большие потери воды в трубопроводе, моральный износ оборудования и технологий водоснабжения, нехватка финансирования, нехватка мощностей и недостаточное качество очистки воды [1, 2].

Потери воды играют не последнюю роль в этом списке, на Рисунке 1 показаны источники их возникновения [3].

Естественные потери практически невозможно контролировать, несанкционированное потребление устраняется отслеживанием приборов учета, поэтому основной акцент исследования сосредоточен на потерях в магистральных трубопроводах. Потери на хозяйственные нужды являются неустранимыми и обязательными, и самыми непредсказуемыми и затратными выступают аварийные утечки и скрытые потери в трубопроводах.

Лучше всего с задачами отслеживания последних могут справляться геоинформационные системы (ГИС), позволяющие в реальном времени оценить состояние водопроводной магистрали [4].

При проектировании такой системы одним из главных вопросов будет разработка ее математического обеспечения. Процесс построения математического обеспечения геоинформационной системы показан на Рисунке 2 [5].

Обрисуем этот процесс в общих чертах с помощью функциональной диаграммы IDEF0. Эта диаграмма предназначена для выделения основных функциональных блоков и первоначального облика разрабатываемой системы.

Разработанная диаграмма IDEF0 и ее декомпозиция для создаваемого программного обеспечения даны на Рисунках 3 и 4.

В данные измерений и геоданные на Рисунке 3 входят данные от датчиков и систем GPS, а также других подсистем определения и считывания в реальном времени состояния объектов мониторинга. Карты используются для построения местоположения объектов на местности, а входные данные предметной области подразумевают атрибутивные данные и метаданные о пространственных объектах.

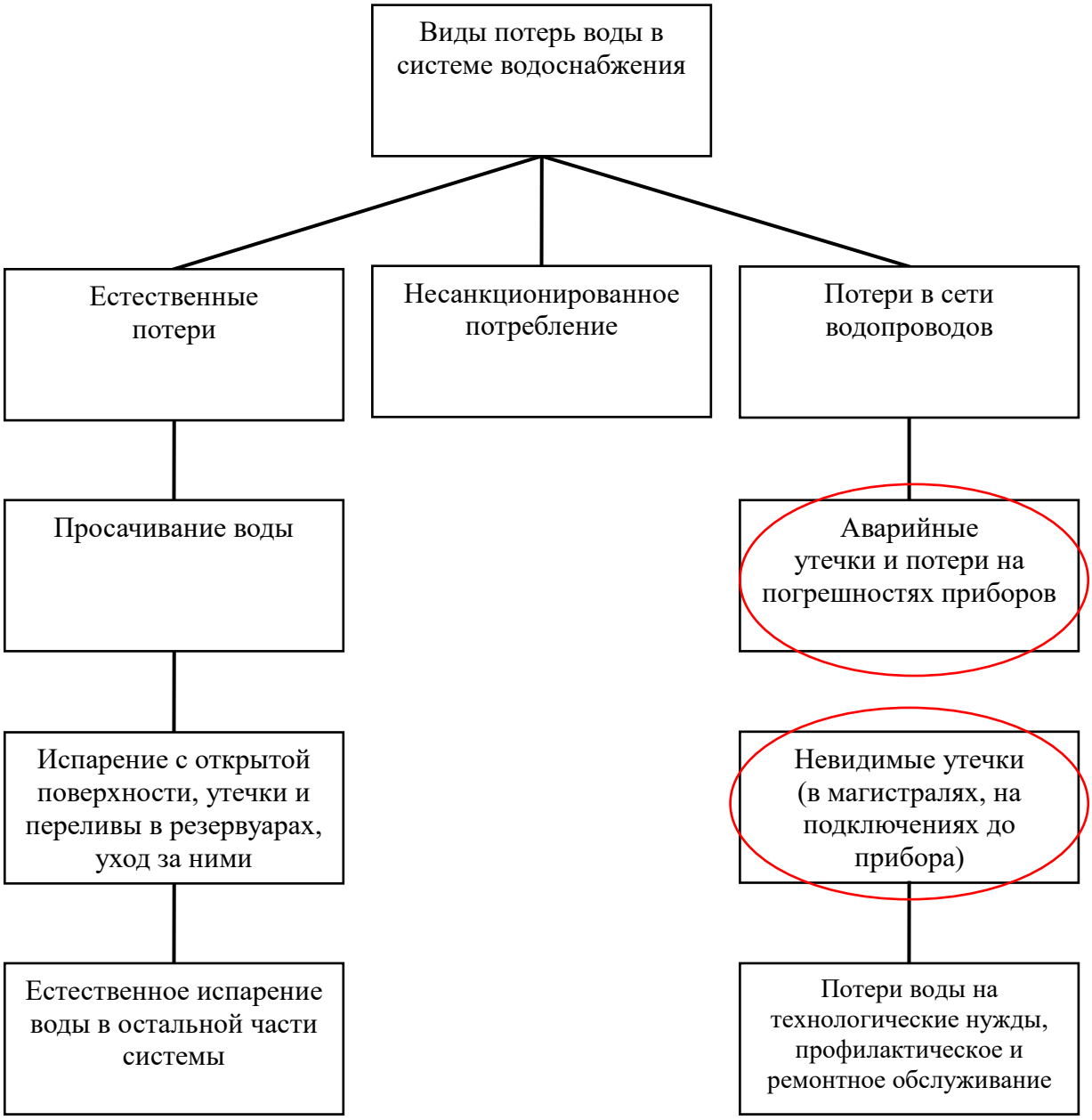


Рисунок 1 – Классификация потерь воды в системе водоснабжения

Часть механизмов, подведенных снизу к блоку, имеет затунелированные стрелки, как, например, компьютер, вспомогательное ПО, датчики измерений, чтобы не делать громоздкой диаграмму декомпозиции.

Выходными данными являются карты и модели, построенные на основании полученной входной информации, трехмерные и двумерные для более адекватного контроля объектов системы, а также результаты статистической обработки и анализа, позволяющие определить наличие или отсутствие утечек в системе.

В качестве стрелки управления сверху подходят ограничений предметной области и ГОСТ Р 52155-2003Географические информационные системы

федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования[6].

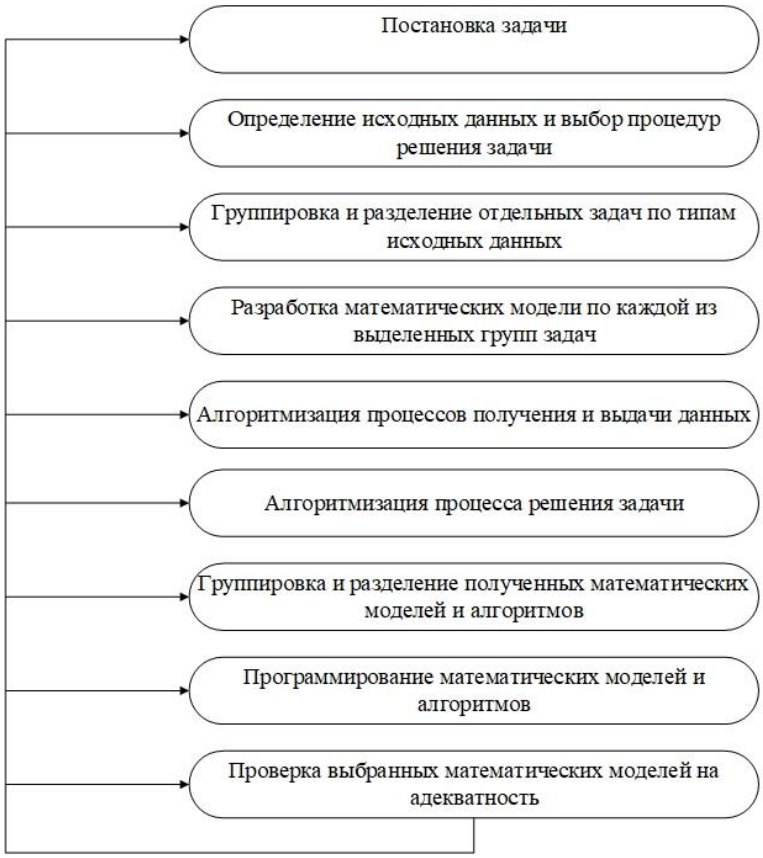


Рисунок 2 – Процесс разработки математического обеспечения геоинформационной системы

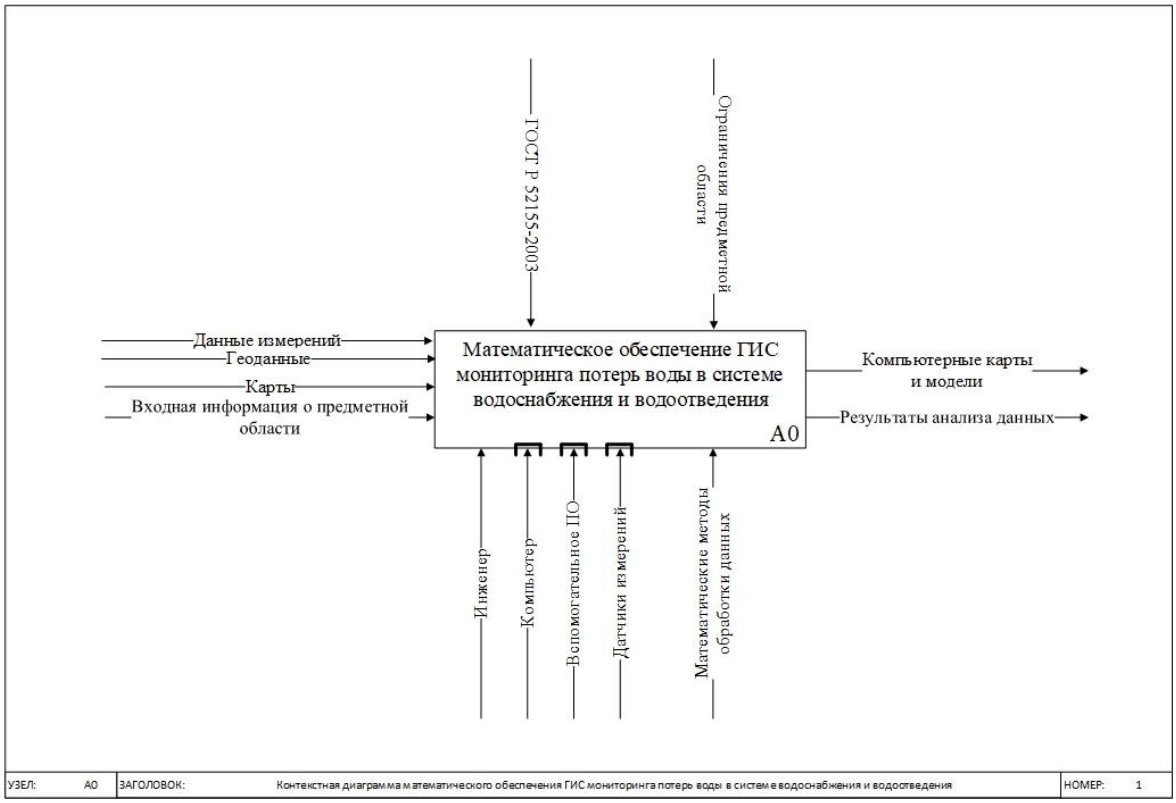


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма математического обеспечения ГИС мониторинга потерь воды в системе водоснабжения и водоотведения

Применительно к разработке математического обеспечения ГИС можно декомпозировать процесс на следующие подпроцессы, показанные на Рисунке 4.

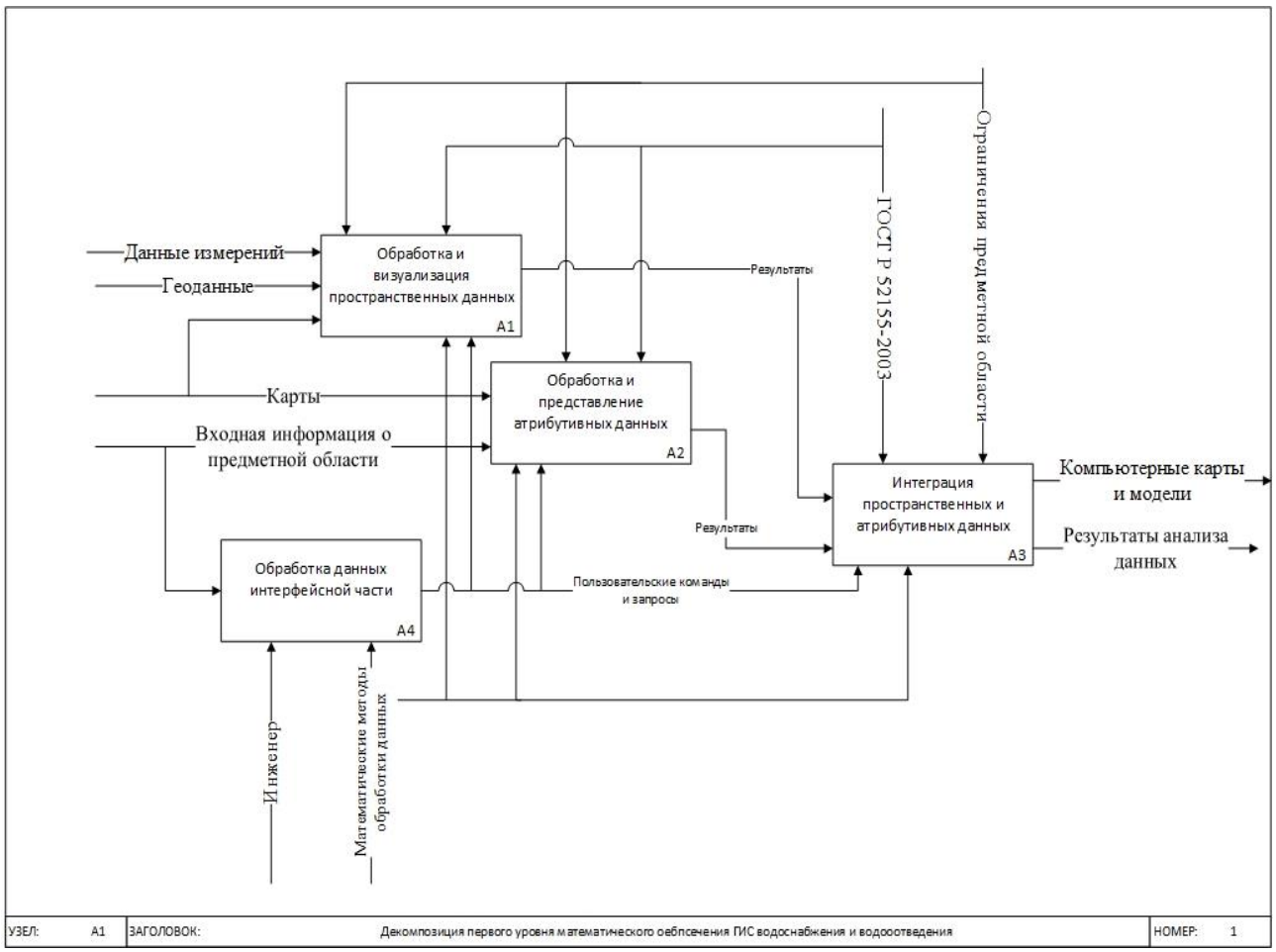


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции первого уровня математического обеспечения ГИС мониторинга потерь воды в системе водоснабжения и водоотведения

Блок обработки и визуализации пространственных данных содержит:

– математические модели представления пространственных данных (растровая, векторная, трехмерная);

– аналитическую обработку и моделирование пространственных данных;

– визуализацию пространственных данных.

Блок обработки и представления атрибутивных данных подразумевает следующее:

– классические модели данных для представления атрибутивной информации, такие как иерархическая, сетевая, реляционная;

– операции с атрибутивными данными, идентичные обычным операциям с данными;

– аналитическую обработку атрибутивной информации с использованием методов статистики и выборок.

Интеграция пространственных и атрибутивных данных включает функции:

– геокодирование и пространственные запросы путем увязывания атрибутивных и пространственных данных;

– операции с геодезическими, природными и другими специфическими данными, подразумевающими их интегрированный анализ;

– картографическое представление атрибутивных данных в форме картограмм, статистических показателей и тому подобного.

Отдельно стоит блок обработки данных интерфейсной части, в котором имеются следующие подфункции:

– математические модели пользовательских приложений;

– взаимодействие подсистем в рамках единого банка данных и математические методы их защиты;

– математическое обеспечение в составе ядра и оболочки, которое разрабатывается пользователем.

Таким образом, была поставлена задача учета потерь воды в системе водоснабжения и водоотведения, решаемая с помощью ГИС системы, выделены виды потерь и учтен их характер в рамках исследования, подчеркнута необходимость разработки математического обеспечения ГИС системы. Далее был рассмотрен алгоритм создания математического обеспечения ГИС потерь воды в системе водоснабжения и проведено его функциональное моделирование с целью первоначального выявления функций и задач системы.

Список литературы

1. Современные проблемы водоснабжения и водоотведения: Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 130-летию кафедры водопользования и экологии; СПбГАСУ. – СПб.,2018. – 131 с.– ISBN 978-5-9227-0866-1.

2. Зубкова Д.С. Проблемы в системах водоснабжения и водоотведения городов России и подходы к их решению в сборнике: новые импульсы развития: вопросы научных исследований / Д.С. Зубкова. – Сборник статей VI Международной научно-практической конференции в 2-х частях. – Саратов, 2020. – с. 162-165.

3. Об утверждении методических указаний по расчету потерь горячей, питьевой, технической воды в централизованных системах водоснабжения при ее производстве и транспортировке: приказ М-ва Строительства иЖилищно-Коммунального Хозяйства Рос. Федерации от 17 октября 2014 года № 640/пр. Зарегистрировано в Минюсте России 17 февраля 2015 г. N 36064.

4. Крамаренко А.В., Мокрицкий В.А. Задачи, решаемые современными геоинформационными системами в градостроительном проектировании систем водоснабжения и водоотведения/ А.В. Крамаренко, В.А. Мокрицкий. –В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития экономики. Труды XXI Международной научно-практической конференции. –Симферополь-Гурзуф, 20-22 октября 2022 года. –с. 251-252.

5. Карпик, А.П. Математическое обеспечение ГИС / А.П. Карпик, Ю.Б. Бернштейн // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2002. – № 2. – с. 106 – 110.

6. ГОСТ Р 52155-2003 Географические информационные системы федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования. – Введ. 2004–07–01. – Москва: Госстандарт России, 2021. – 12 с.

ПОМОЩЬ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСУ ТП

Пивоваров Д.В., Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение. В ходе своей деятельности людям постоянно приходиться выбирать какое-то решение. Под принятием решения понимается выбор определенного алгоритма действий по достижению определенной цели. Слова «принятие решений» довольно часто используются на данный момент. Создаться множество программ реализуемых с помощью компьютеров или роботов для принятий решений. А также создаются программы, которые помогают людям принять так называемые «правильные» решения. В ходе принятия решения человек всегда стремиться принять «правильное решение» то есть в результате иметь хорошие последствия от конкретного выбора [1,2].

Сложность в принятии «правильного» решения состоит в том, что для его выбора необходимо заранее знать информацию, на основании которой можно предполагать дальнейшие последствия после определенного решения. При проектировании АСУ ТП принимаются решения как в условиях определенности, так и в условиях неопределенности. Для изучения возможных результатов от решения применяются различные методы обработки и анализа информации. Создаются всевозможные модели разной сложности для анализа систем, полученных при выборе определенного варианта. Особенно актуальна помощь в принятии решений сложных, системных задач, на которые человек при самостоятельной обработке данных и анализе информации затратит колоссальное количество времени и сил. Одной из таких задач является Проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) [3,4].

Человеку свойственно ошибаться и для улучшения результатов, получаемых в ходе его деятельности, создаются системы поддержки принятия решения (СППР). Они представляют из себя компьютерные системы, которые помогают человеку проанализировать информации и существенного облегчить оценку получаемой в результате принятия решения системы.

Цель статьи – провести обзор и анализ методов для реализации помощи в принятии решений при проектировании АСУ ТП.

Описание методов сравнения и оценки многокритериальных альтернатив в условиях определённости исходной информации. Для сравнения альтернатив и оценки многокритериальных альтернатив в условиях определенности существуют различные группы методов. Выбор решения основывается на результате анализа информации по выделенным критериям, как качественным, так и количественным.

Методы иерархического упорядочивания альтернатив на заданном множестве альтернатив и критериев. В эту группу входят следующие методы:

– Попарное сравнение, при этом методе лицо принимающее решение (ЛПР) производит попарное сравнение по каждому из выделенных критериев.

– Лексикографический метод, согласно этому методу ЛПР расставляет критериям степень их значимости. После это задают минимальное значение всем критериям и производиться ранжирование критериев по предпочтительности. Определяют по самому значимому критерию и если при его решении нету других альтернатив, то вариант принимается как решение. В противном случае продолжается сравнение альтернатив относительно следующего критерия до момента, когда останется лишь одна альтернатива.

– Метод лексикографического полуупорядочивания – этот метод отличается от лексикографического метода тем, что используются только количественные критерии и в результате остается сравнительно большое количество альтернатив.

– Метод перестановок - суть метода заключается в проверке всех возможных альтернатив по предпочтительности и сравниванию их между собой. В результате для критериев назначаются веса и составляется матрица принятия решения. Этот метод рационально применять при небольших количествах альтернатив [5].

Методы, основанные на количественном выражении предпочтений ЛПР на множестве критериев. Эта группа методов включает в себя следующие:

– Метод простых приращений – это метод при котором альтернативы сравниваются по шкале лишь одного критерия которому ЛПР задает максимальное значение веса.

– Метод ELECTRE I – Суть метода заключается в исключении неэффективных решений с помощью попарного сравнения альтернатив. В ходе применения этого метода для определения лучшей альтернативы составляются два индекса согласия и несогласия. Индекс согласия определяется на основе весов критериев. Индекс определяется как отношение весов критериев подмножеств I^+ и I^- к общей сумме весов

– Метод ELECTREII – Этот метод отличается от ELECTRE I тем, что в ходе применения образуется конечное множество альтернатив первого отношения находящихся в сильном и слабом предпочтении. Выделяется часть менее предпочтительных альтернатив, и она далее не рассматриваются. Это повторяется не один раз, а после этого альтернативам присваиваются ранги. Так же строиться порядок для второго отношения, начиная с менее предпочтительных.

– Метод ELECTREIII – в данном методе применяется порог чувствительности, который считается псевдокритерием. Предпочтения альтернатив формируется с применением этого критерия, а далее изменяется вплоть до конкретного предела. Любой альтернативе присваивается число

равное разности индексов предпочтительности. Потом сравнивается перечень альтернатив от условно приобретенных альтернативами чисел.

Во всех методах ELECTRE желательно применять при относительно небольших количествах альтернатив и применении численных критериев.

– Метод аналитических иерархий - является одним из методов, применяемых в реализации помощи при принятии решений. Его сущность заключается в том, чтобы определить иерархическую цепочку, попарно сравнить выделенные критерии и на этом основании выбрать определенное решение.

Для расчета критериев они попарно сравниваются, получая оценки отношения пар критериев из которых образуется обратно симметричная матрица. Оценки имеют следующий смысл, отраженный в таблице 1.

Таблица 1 – Количественное значение оценки уровня важности.

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное или сильное превосходство	5
Значительное (большое) превосходство	7
Очень большое превосходство	9

2,4,6,8,10 – значения которые реже используются

Это является одним из самых простых методов принятия решения. В результате суммирования критерий с учетом их веса выбирается вариант с наибольшим значением, и он является более предпочтительным.

Методы, основанные на информации о допустимых значениях критериев, включают в себя следующие методы:

– Задание минимально допустимых значений критериев – Применение данного метода подразумевает указание ЛПР минимальных значений критериев для выбранных альтернатив, которые должны будут пройти эту минимальную планку. По итогу альтернативы сравниваться по указанным критериям с определенной ЛПР планкой для них и в результате оцениваются как удовлетворительно или неудовлетворительно. Количество альтернатив может быть любое.

– Анализ альтернатив только по критериям, для которых достигаются «наилучшие» - производиться аналогично, как и в методе задания минимально допустимых значений критериев, но в дополнении ЛПР выделяет альтернативы, устраивающие его в наибольшей степени.

Методы, не требующие ранжирования критериев, включает в себя следующие методы:

– Критерий Харвица - представляет из себя компромиссное решение между методами МАКСИМИН и МАКСИМАКС, то есть между пессимистичной и оптимистичной оценкой. Границей между этими оценками называется критерием Харвица, заключающемся в присвоении веса этим оценкам.

Умножив результаты на соответствующие веса и суммируя их, ЛПР получает общий результат. Альтернатива с наибольшим значением принимается решением.

– Метод МАКСИМИН – данный метод можно описать как выбор для ЛПР лучших альтернатив в наиболее проигрышных ситуациях. Нахождение МАКСИМИНа как математической операции условно состоит в последовательном решении простых однокритериальных задач.

– Метод МАКСИМАКС - является противоположностью метода МАКСИМИН, в этом методе отталкиваются не от худшей, а от лучшей альтернативы.

Количество альтернатив в методах МАКСИМИН и МАКСИМАКС может быть любое, а критерии количественные.

Методы оценки и сравнения многокритериальных альтернатив в условиях неопределённости исходной информации.

– Метод формирования и анализа матрицы выигрышей - матрица выигрышей служит информационной основой для сравнения и выбора окончательной с точки зрения оптимальной альтернативой. Для реализации выбора оптимального решения в условиях неопределенности придерживаются следующими правилами:

– Критерий Лапласа (минимумы среднеарифметических затрат).

– Критерий Вальда (минимальных затрат или максимальной полезности.

– Критерий Сэвиджа (нахождение минимального риска).

– Критерий Харвица (нацеленность на худший исход).

Так же имеются и другие критерии, представляющие из себя слиянием или комбинированием двух и более вышеперечисленных критериев. Несмотря на это ответственность за принятие решения лежит на плечах экспертов и решение, принятое с учетом этих правил не может гарантировать успех.

Возможность применения методов сравнения и оценки многокритериальных альтернатив.

В проектировании АСУ ТП у специалистов возникает множество альтернативных решений на каждом этапе проектирования. Для упрощения работы специалистов возможно применение различных СППР или по крайней мере методов для принятия решения. Для этого рассмотрим основные проблемы при проектировании АСУ ТП:

– Процесс проектирования в значительной мере зависит от требований технического задания (ТЗ) на объект проектирования, так и от уровня описания технического процесса. Для решения этой проблемы возможно создать СППР в которой с помощью метода задания минимально допустимых значений

критериев выбираются требования ТЗ и уровень описания ТП для определенной отрасли и в результате для ЛПР определяться список необходимых для реализации данного ТЗ действий.

– Большое количество и разнородность функциональных задач, требующих в процессе функционирования АСУТП. Выбор эффективного метода описания сложной взаимозависимости выполнения функциональных задач. В этом случае возможно применение СППР для анализа необходимых функциональных задач и в результате как решение для этой задачи получить упорядоченный порядок действий для реализации поставленных задач.

– При проектировании АСУ ТП необходимо учитывать неоднозначность в выборе и проектировании весьма отличных, но органически связанных между собой подсистем технического и программного обеспечения. Как вариант решения предоставление с помощью СППР информации о возможности использования для решения задач различных программ и совместимости или реализации взаимодействия другими способами между ними для ЛПР.

Заключение. Помощь в принятии решений при проектировании АСУ ТП может значительно снизить затраты труда специалистов, снизить риски при проектировании, положительно повлиять на качество итоговой системы и выбрать наиболее оптимальное решение из возможных альтернатив.

Список литературы

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: учеб. для вузов. – 3-е изд. – М.: Логос. – 2006. – 392 с.

2. Петровский, А.Б. Теория принятия решений: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.

3. Горелик, В.А. Теория принятия решений: учебное пособие для магистрантов / В.А. Горелик; Министерство образования и науки Российской Федерации, Московский педагогический государственный университет. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2016. – 152 с.

4. Березовская, Е.А., Крюков, С.В. Системы поддрежки принятия решений: учебное пособие / Е.А. Березовская, С.В. Крюков; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Южный федеральный университет, 2020. – 128 с.

5. Системы поддержки принятия решения по выбору типа [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://studwood.ru/1584574/

6. ПО систем проектирования АСУ ТП [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://studopedia.ru/3_76374_po-sistem-proektirovaniya-asu-tp.html.

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СРЕДНЕГО УРОВНЯ АСУ ТП НА БАЗЕ МОДУЛЬНОГО ПЛК

Поликарпов К.М., Русяев А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В промышленных производствах автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) обычно строятся по трёхуровневую принципу:

– нижний уровень;
– средний уровень;
– верхний уровень.

Каждый уровень подразумевает под собой определенное оборудование, которое выполняет не только свои основные задачи, но и устанавливает связь с другими уровнями через различные физические интерфейсы.

К среднему уровня АСУ ТП относятся программируемые логические контроллеры (ПЛК). Именно ПЛК принимают данные от датчиков и выдают команды на исполнительные механизмы. Помимо этого, они передают данные на оборудование верхнего уровня и принимают команды, которые отправляет оператор.

При создании и проектировании различных система автоматизированного управления разработчики и инженеры сталкиваются с задачей подбора контроллерного оборудования для среднего уровня. Дело в том, что ПЛК различных или даже одного и того же производителей зачастую достаточно сильно отличаются друг от друга. Отличаться может среда разработки, аппаратная реализация каналов ввода/вывода или цифровых физических интерфейсов, методы подключения сторонних устройств и т.д. Именно поэтому задача подбора оборудования для среднего уровня является одной из самых важных задач при проектировании автоматизированной системы.

При разработке проекта автоматизации в первую очередь необходимо решить, с каких мест те или иные участки объекта будут управляться, где будут размещаться пункты управления, операторские помещения, какова должна быть взаимосвязь между ними, т. е. необходимо решить вопросы выбора структуры управления. Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определённому признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры управления называется структурной схемой. Хотя исходные данные для выбора структуры управления и ее иерархии с той или иной степенью детализации оговариваются заказчиком при выдаче задания на проектирование, полная структура управления должна разрабатываться проектной организацией [1].

От того, насколько правильно спроектирована работа любого из трех уровней АСУ ТП, будет зависеть работа всей системы управления. На текущем этапе будем акцентировать внимание непосредственно на контроллерном оборудовании и разберём, как та или иная характеристика будет влиять на управление технологическим процессом в целом.

Однозначно, что универсальной структурной схемы среднего уровня не существует и все зависит от количества датчиков, исполнительных механизмов и их территориальной распределенности. Однако в этом исследовании постараемся определить наиболее популярные параметры системы, на основе которых ведется разработка структурных схем.

Так как модульные программируемые логические контроллеры очень часто используются в системах управления с большим количеством датчиков и исполнительных механизмов, которые в добавок еще находятся на значительном расстоянии между друг другом, то задача разработчиков АСУ ТП не только спроектировать связи между сигналами нижнего уровня и модулями ввода/вывода среднего уровня, но и подумать о том, как распределить большое количество модулей контроллера по удаленным корзинам одного ПЛК.

Удаленные корзины ввода/вывода (УК) – это модули ввода/вывода ПЛК, которые территориально разделены с модулями центрального процессора. Территориальное разделение не всегда означает, что модули находятся на большом расстоянии друг от друга, иногда бывает, что они расположены в одном помещении, но в разных шкафах автоматизации.

Для распределенных систем управления с большим количеством сигналов можно выделить 2 актуальных варианта построения структурной схемы с использованием модульных ПЛК.

Первая схема изображена на рисунке 1. В этом случае средний уровень будет состоять из одного основного ПЛК, который будет собирать информацию с удаленных шкафов управления, анализировать, выдавать команды и передавать данные в системы верхнего уровня и коммуникационных ПЛК, которые будут собирать информацию с нижнего уровня, анализировать и передавать в основной ПЛК. Для реализации такой системы основной ПЛК может даже не иметь своих модулей ввода/вывода, а состоять только из центральных процессоров.

Второй вариант структурной схемы показан на рисунке 2. В этом случае удаленные модули ввода/вывода не будут иметь локальных модулей центральных процессоров в шкафах автоматики, они будут осуществлять передачу данных по системной шине непосредственно в один общий центральный процессор.

Первый вариант системы позволяет распределить не только физическую нагрузку, но и вычислительную, т.к. каждый модуль центрального процессора будет выполнять промежуточную обработку данных и передавать уже готовые данные в основной ПЛК.

Во втором варианте вся обработка данных будет выполняться на одном модуле центрального процессора, что не всегда хорошо в системах, которые планируется масштабировать. В некоторых случаях в системах с удаленными корзинами расширения можно использовать не шинную, а кольцевую топологию. Это позволит увеличить показатели отказоустойчивости системы.

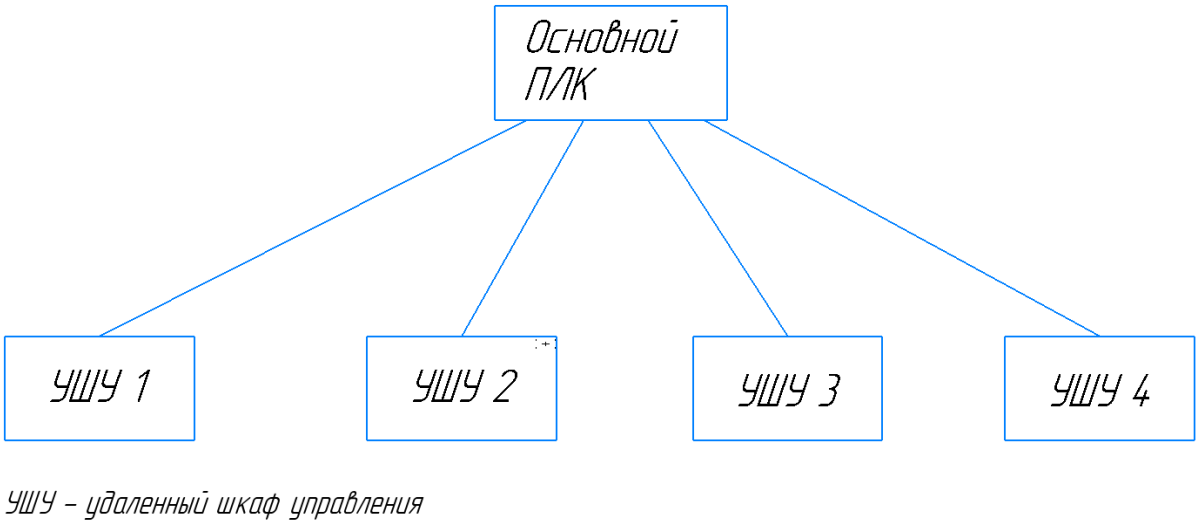


Рисунок 1 – Вариант использования модульных ПЛК с удаленными шкафами управления

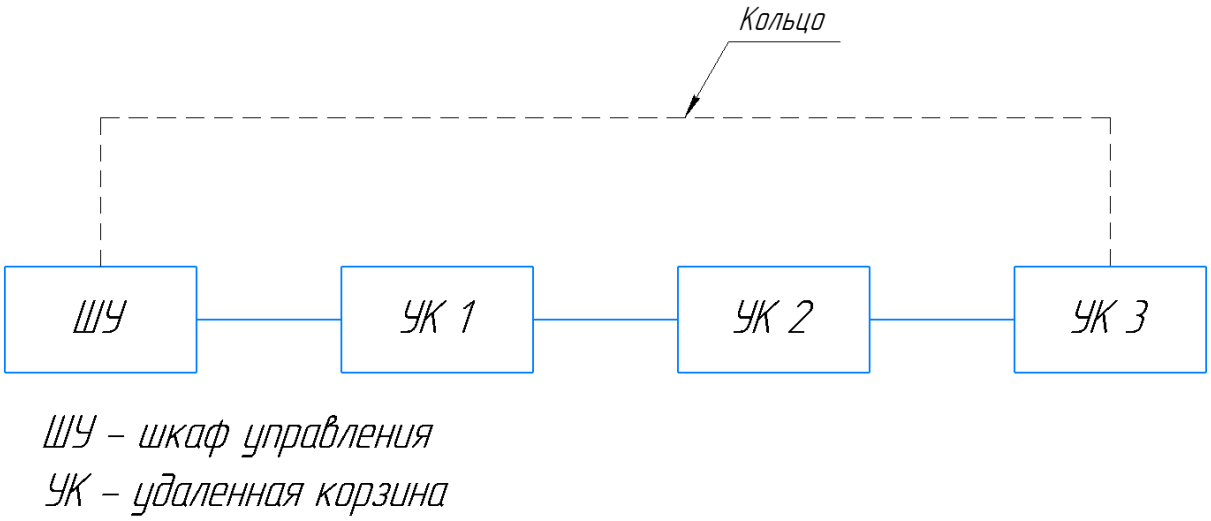


Рисунок 2 – Вариант использования модульных ПЛК с удаленными корзинами ввода/вывода

В течение многих лет системы обмена данными строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и огромное количество кабелей, посредством которых осуществлялось подключение датчиков и исполнительных механизмов. Такая структура диктовалась высокой ценой ЭВМ и относительно

низким уровнем автоматизации производства. На сегодняшний день у этого подхода практически не осталось приверженцев. Такие недостатки централизованных АСУ ТП, как большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация, сделали их во многих случаях абсолютно неприемлемыми как экономически, так и технологически [2].

Централизованные системы со временем сменились децентрализованными. Децентрализованные системы состоят из независимых устройств промышленной автоматизации. Такими устройствами могут быть инженерные автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов, сервера баз данных, программируемые логические контроллеры, программируемые реле и т.д. Для связи таких устройств в одну общую систему стали использовать различные промышленные сети, основанные на тех или иных интерфейсах. На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных типов промышленных сетей, протоколов и интерфейсов, применяемых в системах автоматизации, среди которых: Modbus, PROFIBUS, Interbus, Bitbus, CAN, LON, Foundation Fieldbus, DH+, Control Net, Device Net, Ethernet и другие.

Использование промышленной сети позволяет расположить узлы, в качестве которых выступают контроллеры и интеллектуальные устройства ввода-вывода, максимально приближенно к оконечным устройствам (датчикам и исполнительным механизмам), благодаря чему длина аналоговых линий сокращается до минимума.

Так как за основу исследования был выбран контроллер «АБАК ПЛК», то будем рассматривать пример создания промышленных сетей на базе протоколов, которые уже реализованы в этом ПЛК. Разработчики АБАК не ограничивают пользователей в использовании протоколов. Так, например, в среде разработки CODESYS можно реализовывать собственные протоколы передачи данных на базе имеющихся физических интерфейсов. Это могут быть протоколы, работающие на базе стека TCP/IP или через технологии последовательного порта.

Основной системной шиной, по которой центральный процессор взаимодействует с модулями ввода-вывода является CAN. Его особенностями являются:

1) он передает биты данных изменяя разность потенциалов между двумя своими проводниками, это позволяет добиться высокой помехозащищенности даже без применения экранированной витой пары, что является очень важным параметром при организации промышленных распределенных сетей;

2) в качестве протокола верхнего уровня используется CANopen. Многие производители контроллерного оборудования часто реализовывают этот протокол в своих устройствах, а это значит, что интегрировать эти устройства с «АБАК ПЛК» можно будет без проблем;

3) стандарт CAN позволяет подключить достаточное количество устройств, чтобы создать полноценную распределенную систему управления.

В качестве взаимодействия контроллерного оборудования с системами верхнего уровня можно выбрать Ethernet. Данный стандарт интересен тем, что поверх него реализовано достаточно большое количество протоколов верхнего уровня начиная с простого и привычного Modbus и заканчивая зашифрованными протоколами стандарта OPC с поддержкой передачи архивных данных (HDA).

Каждый узел промышленной сети выполняет несколько функций:

– прием команд и данных от других узлов промышленной сети;

– считывание данных с подключенных датчиков;

– преобразование полученных данных в цифровую форму;

– отработка запрограммированного технологического алгоритма;

– выдача управляющих воздействий на подключенные исполнительные механизмы по команде другого узла или согласно технологическому алгоритму;

– передача накопленной информации на другие узлы сети.

Таким образом, был проведен анализ существующих подходов построения систем АСУ ТП на основе модульных программируемых логических контроллеров, а также рассмотрены наиболее оптимальные и распространенные методы передачи данных.

Список литературы

1. Структурные схемы систем автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://anistudio.narod.ru/BOX/Flash/Study/Automation/HTMLThemes /Theme8.htm. – Дата проверки: 25.12.2022.

2. Средства промышленных сетей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://studfile.net/preview/2692342/page:18/. – Дата проверки: 25.12.2022.

РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ: 3D-СКАНИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПРОТОТИПОВ

Поляков А.Н., д-р техн.наук, профессор
Никитина И.П., канд.техн.наук, доцент
Каменев С.В., канд.техн.наук, доцент,
Марусич К.В., канд.техн.наук, доцент
Гончаров А.Н., канд.техн.наук, доцент
Романенко К.С., Логинов В.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Создание любой новой технологии и конструкции базируется на знаниях, а зачастую и существующих изделиях, образцах или прототипах. Одним из важных направлений создания в стране новых технологий и оборудования является использование технологии реверс-инжиниринга. В мировой практике эта технология реализуется с использованием 3D сканеров, координатно-измерительных машин и другого измерительного инструмента, включая и ручной.

Сущность реверс-инжиниринга заключается в разработке конструкторской документации на основе измерения геометрических и других данных готового изделия.В нашем университете для реализации этой технологии кроме ручного измерительного инструмента есть необходимое высокотехнологичное оборудование: 3D-сканеры и координатно-измерительная машина. Например, сканер ArtecLeo первый в мире сканер, который осуществляет автоматическую обработку изображения в самом сканере, что существенно облегчает проведение операции сканирования. При сканировании отпадает необходимость в использовании компьютера или ноутбука и интерфейсных кабелей и проводов. Он позволяет проводить сканирование изделий неограниченных габаритов. Точность сканирования до 100 мкм. Сканер ShiningFreescanUE11 обеспечивает метрологическую точность до 20 мкм. В комплекте со сканером ArtecLeo можно получить с высокой точностью всю необходимую геометрическую информацию об изделии любых габаритов. При необходимости проведения точных измерений относительно небольших изделий (до 500 мм) используем координатно-измерительную машину WenzelXOrbit 55 с погрешностью измерений до 3 мкм[1, 2].

При использовании сканеров технология реверс-инжиниринга включает четыре этапа: первый этап – сканирование, ручное измерение и фотографирование; второй этап – это выгрузка данных в компьютер и первичная обработка данных с использованием программного обеспечения (ПО) сканера; третий этап – это наиболее трудоёмкий при необходимости создания полноценных трехмерных моделей. Этот этап использует внешнюю

систему автоматизированного проектирования, в которой на основе полученной фасеточной геометрии изделия (поверхность тела описывается набором связанных треугольников) выполняется создание твердотельной модели. На заключительном четвертом этапе выполняется создание чертежей в одной из профессиональных систем автоматизированного проектирования. Таким образом, специалист по реверс-инжинирингу кроме умения управлять 3D-сканером со встроенным ПО должен дополнительно еще владеть тремя графическими системами обработки данных и создания твердотельных векторных моделей.

С использованием реверс-инжиниринга конструкторское бюро «Машиностроение» Оренбургского государственного университета в этом году выполнило несколько проектов. Самый большой из них – это создание трехмерной модели мобильной буровой установки. Предварительно все отдельные агрегаты, узлы и отдельные детали буровой установки была отсканирована с использованием сканера ArtecLeo. Дополнительно были выполнены фотографии и проведены частичные измерения ручным измерительным инструментом.

Один агрегат «Вращатель» был исследован особенно досконально, так для него требовалось создание полной конструкторской документации, а не только общего вида. Для этого было выполнено сканирование и фотографирование также и внутренних поверхностей всех компонентов агрегата, состоящего из нескольких узлов, включающих патрон, редуктор, шпиндель. На рисунке 1 приведены иллюстрации спроектированного агрегата «Вращатель».

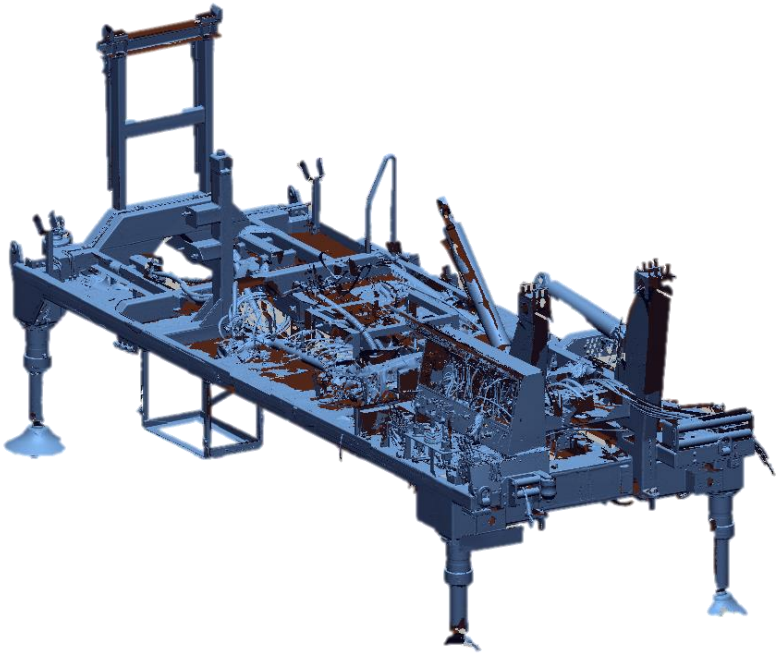
а) Вращатель в сечении б) редуктор

Рисунок 1 - Вращатель

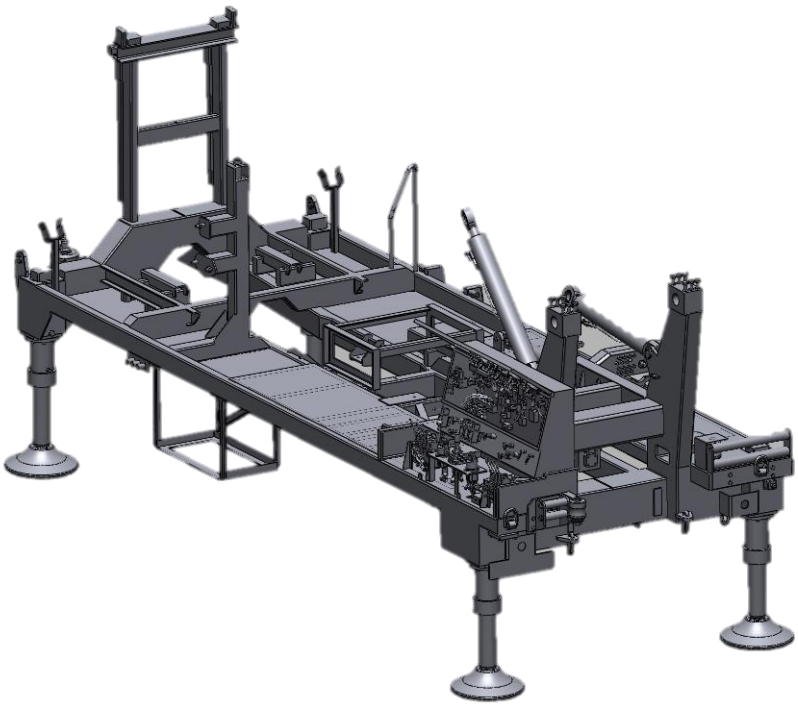
В зависимости от характеристик сканера, габаритов и сложности геометрии изделия выгруженные из сканера данные и прошедшие первичную

обработку средствами ПО сканера имеют дефекты или неточности, вызванные окраской, смазкой, износом, другими эксплуатационными факторами. Дополнительно фасеточная модель не может быть автоматически преобразована в чертеж. Она может быть только использована для печати грубых прототипов на 3D-принтерах. На рисунке 2 хорошо видно отличие фасеточной модели от созданной в профессиональном ПО твердотельной модели.

В частности, опоры, гидроцилиндр, верхняя поверхность рамы из-за сложности сканирования на фасеточной модели имеют разрывы. В твердотельной модели этих дефектов уже нет. И она на следующем этапе может быть использована для создания чертежей для последующей передачи в производство.



а) фасеточная модель



б) твердотельная модель

Рисунок 2 – Рама буровой установки

Методика создания чертежей на основе автоматизированного измерения прототипов еще более сложная и громоздкая и включает уже семь этапов. Основной особенностью является профессиональное владение сложным оборудованием и фундаментальные знания аналитической геометрии и теории измерений.

Формально методика включает семь этапов: 1 Этап (Предварительный) - измерения детали осуществляются в ручном режиме; 2 этап(Обработка данных) - на этом этапе определяются размеры и расположение поверхностей детали, предварительно с увеличенной погрешностью ввиду небольшого числа измеряемых точек;3 Этап (Эскизный)- эскизное создание 3D – моделей; 4 Этап (Активное измерение)- измерения прототипов в автоматическом режиме;5 этап(Обработка данных) - на этом этапе размер определяется окончательно из-за увеличенного числа измерений (в три-четыре раза больше точек измерения); 6 Этап (Модельный) - окончательное создание 3D – моделей; 7 Этап (КД - создание конструкторской документации) -создание чертежей (2D).

Формально при проведении операции реверс-инжиниринга первые два этапа повторяются дважды только с разными данными. Построение твердотельной модели осуществляется только на третьем этапе (рисунок 3), но на шестом этапе осуществляется уточнение размеров и создание дополнительных мелких конструктивных элементов.

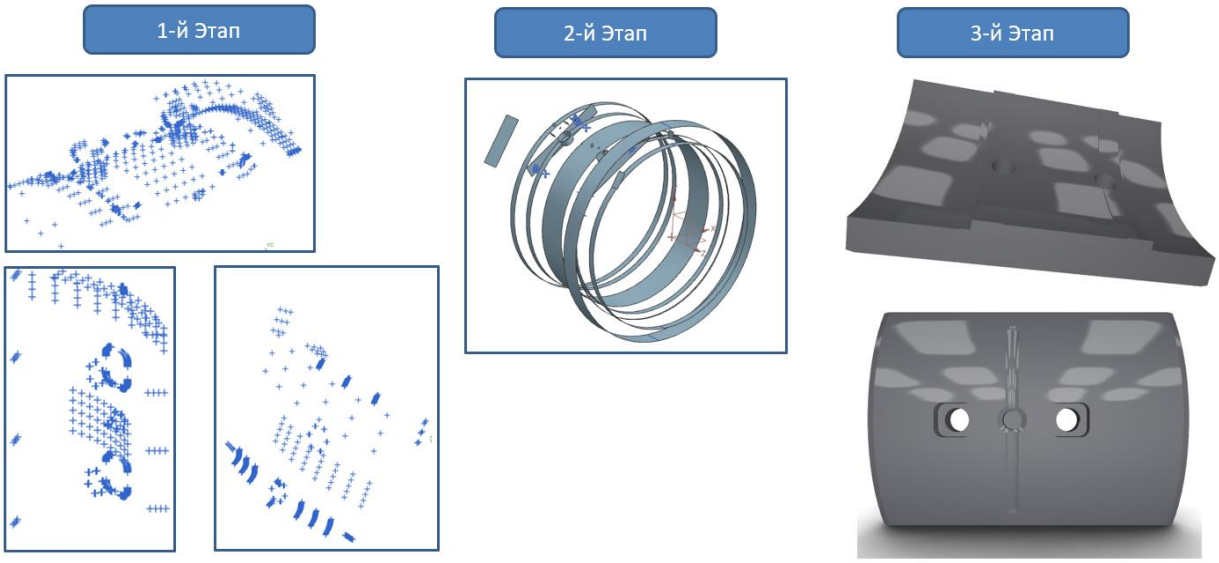


Рисунок 3 – Первые три этапа реверс-инжиниринга на основе автоматизированных измерений

На заключительном этапе создания конструкторской документации по согласованию с заказчиком решается вопрос о точности простановки размеров. В данном случае заказчик потребовал размеры с точностью до микрона. Также по согласованию с заказчиком, если необходимо провести оценку прочностных, жесткостных или динамических характеристик проектируемого изделия, то специалистами КБ «Машиностроения» выполняются расчеты в профессиональных специализированных системах. В данном случае результаты расчетов представлены в Ansys.

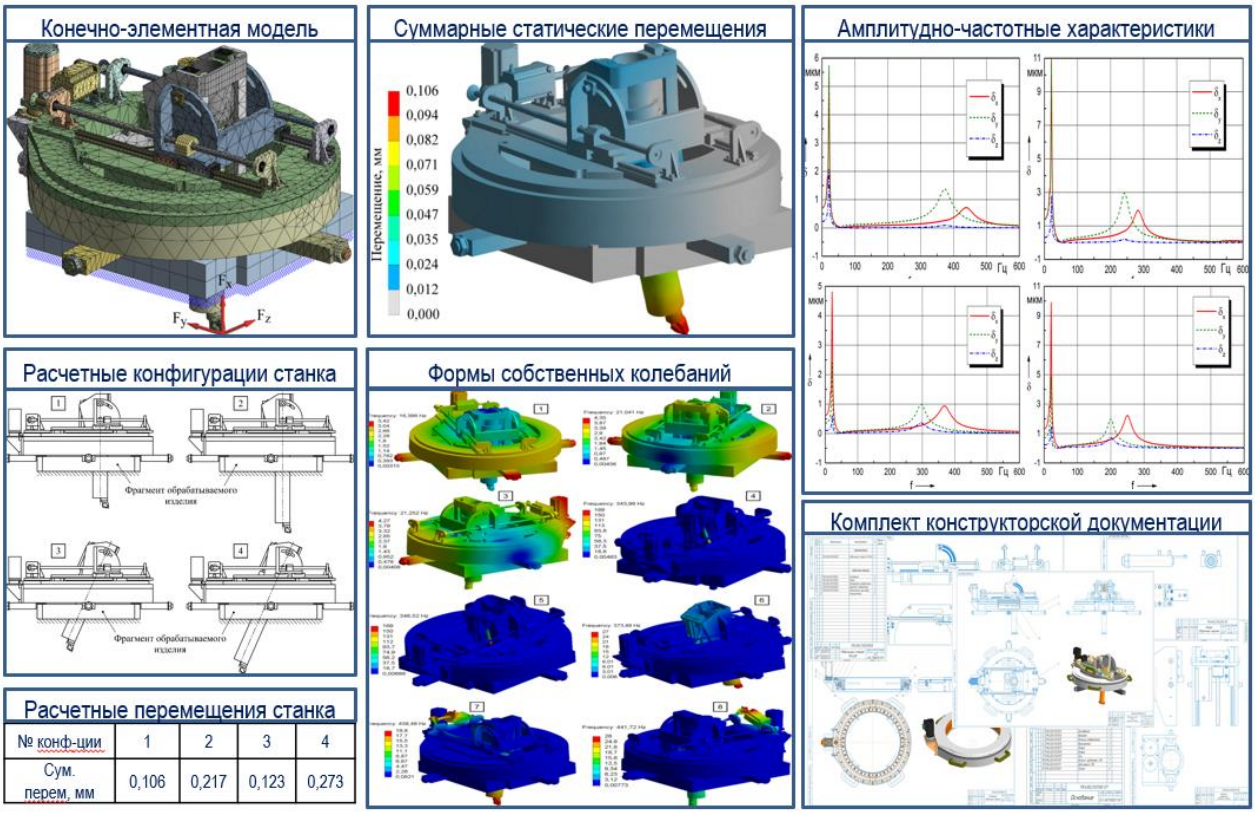


Рисунок 4 – Результаты расчета с использованием WorkbenchAnsys

В настоящее время КБ «Машиностроения» осуществляет несколько аванпроектов по закрытой и открытой тематикам с использованием технологий реверс-инжиниринга. Уверены, это неизбежно приведет к созданию новой техники и технологий, а не просто к слепому копированию имеющегося. Так как очевидный эффект реверс-инжиниринга – это вскрытие ранее неизвестных решений, получение новых знаний, что неизбежно приводит к появлению новых конструкторских и технологических решений, а потому к технологическому суверенитету страны.

Список литературы

1. Никитина И.П., Каменев С.В., Поляков А.Н. Методика измерения резцов с помощью координатно-измерительной машины в ручном режиме / И.П. Никитина, С.В.Каменев, А.Н. Поляков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 105-113.

2. NikitinaI.P., KamenevS.V., PolyakovA.N. Methodology of measuring cutters by using coordinate measuring machine in automatic mode Всборнике: 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020). Серия Lecture Notes in Mechanical Engineering. Sochi, Russia, 2021. С. 94-104.

О КОМПОНОВОЧНОМ ПРОЕКТЕ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор,
Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современные машиностроительные производства, в том числе предприятия оборонно-промышленного комплекса всё чаще сталкиваются с проблемой изготовления изделий малой жесткости и сложной геометрии и топологии. При этом практика производства показывает, что решить эту проблему традиционными технологиями зачастую оказывается чрезвычайно дорого, а в отдельных случаях просто невозможно. Одним из инновационных методов решения этой проблемы является внедрение в производство аддитивных технологий [1, 2]. Вместе с этим практической реализации аддитивных технологий сопутствуют новые технологические проблемы, которые связаны с использованием дополнительного технологического оборудования для получения заявленной в конструкторской документации точности размеров и формы, а также качества поверхностей. Поэтому предлагается создать мультифизическую машину, работающей по полному производственному циклу для изготовления металлических конструкций сложной конфигурации пониженной массы.

В ходе реализации проведенного исследования были получены следующие результаты - выполнен компоновочный проект мультифизической машины, включающий: гамму типовых деталей, изготавливаемых на мультифизической машине; методику создания базовых деталей станков с ЧПУ и робототехнических систем на основе технологий облегчённых конструкций; компоновочный проект транспортной системы мультифизической машины; компоновочный проект модуля термообработки мультифизической машины; рабочий проект модуля суперфиниширования мультифизической машины; компоновочный проект модуля, реализующего аддитивные технологии; компоновка мультифизической машины.

Реализованный проект предназначен для последующей разработки трех стадий проекта (эскизного, технического и рабочего) мультифизической машины, работающей по замкнутому циклу изготовления деталей машиностроения пониженной массы.

Конструктивными особенностями изделий мультифизической машины являются маложёсткие конструкции, имеющие множество отверстий, полостей, канавок, ребер. Изделие может иметь сетчатую и ячеистую структуру. В общем случае, конструкция может не иметь регулярную структуру. В конструкции

могут быть поверхности с высокими параметрами шероховатости до Ra 0,16и геометрической точностью по IT7.

На рисунке 1 приведены типовые решетчатые конструкции, а на рисунке 2 приведены конструкции регулярной структуры пониженной массы, которые могут быть напечатаны в аддитивном модуле проектируемой машины.

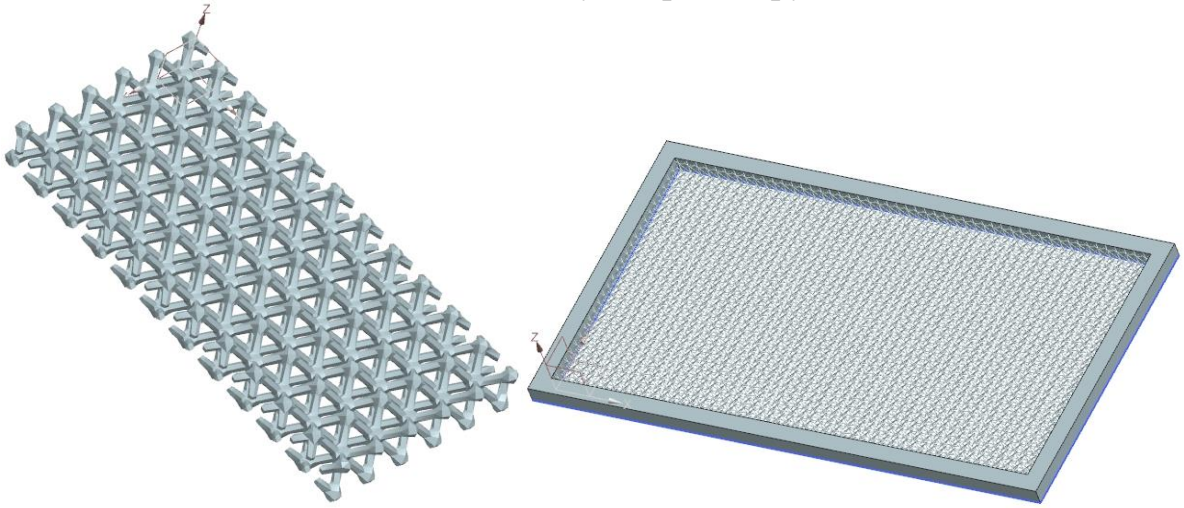


Рисунок 1 – Модели конструкции решетчатой конструкции

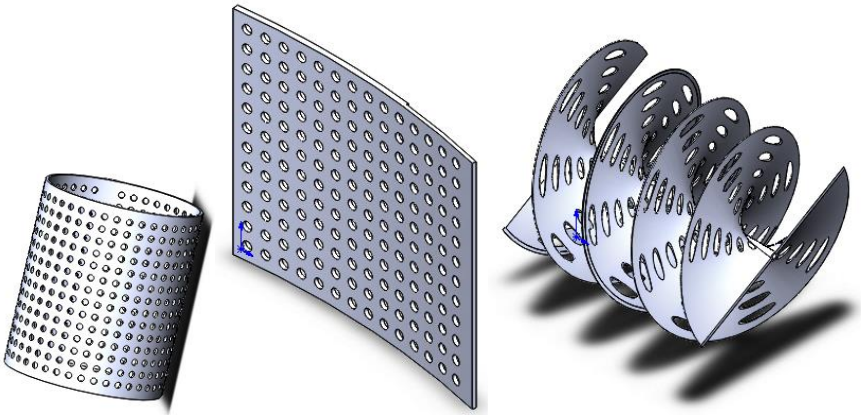


Рисунок 2 – Модели конструций регулярной структуры

На рисунке 3 приведены модели конструкции после топологической оптимизации.

Методика создания базовых деталей станков с ЧПУ и робототехнических систем на основе технологий облегчённых конструкций. Одним из технологических направлений создания современных конструкций общего машиностроения является создание конструкций пониженной массы. Это реализуется использованием сетчатых, решетчатых, а также пространственно-изогнутых ребристых конструкций, в которых материал концентрируется вдоль линий главных напряжений. Таким образом, конструкция детали получает каркасную форму. Эта форма может быть получена разными способами. Один из получивших наибольшее развитие в последнее время – способ, основанный

на технологии топологической оптимизации. Традиционной задачей топологической оптимизации является: найти топологию для базовой конструкции, в которой удовлетворяются уравнения движения и закон Гука, граничные условия и ряд фиксированных конструктивных, эксплуатационных и производственных ограничений (например, ограничения по массе, по собственной частоте колебаний, по перемещениям), а функционал, равный податливости системы принимает минимальное значение.

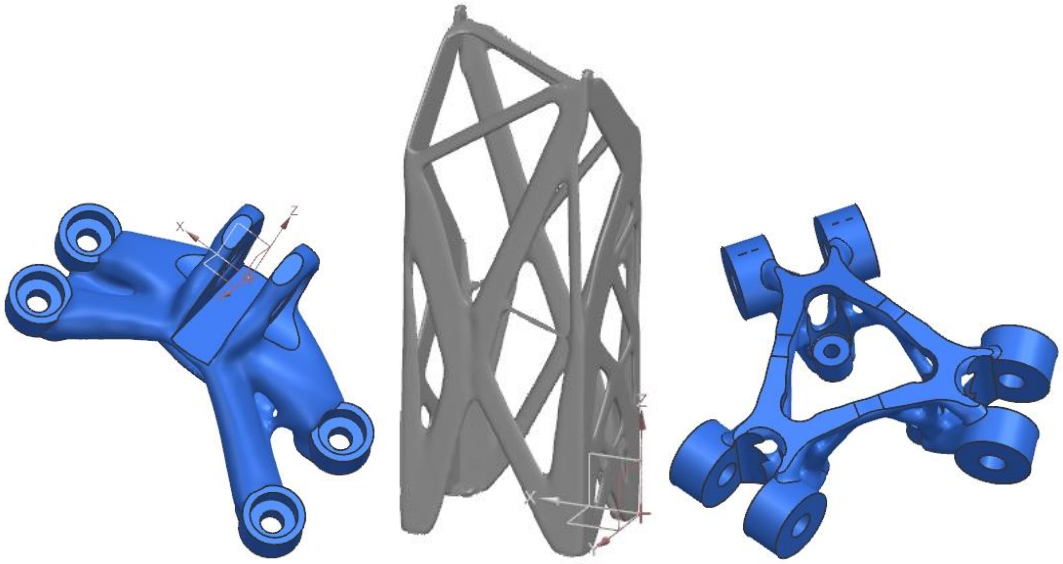


Рисунок 3 – Модели конструкций, полученных в результате топологической оптимизации

В проекте мультифизической машины для проведения топологической оптимизации конструкции использованы функциональные возможности SiemensNX 2007. Программный продукт приобретен в рамках модернизации материальной базы вуза по программе академического лидерства «Приоритет-2030».

На рисунке 4 представлен компоновочный вид всей мультифизической машины. Машина предназначена для изготовления металлических изделий. В качестве исходного материала используется металлический порошок. Размер зерна находится в диапазоне от 10 до 50 мкм. Используемые материалы: сплавы алюминия, титана и нержавеющие стали.

Машина в полной комплектации включает следующие компоненты: модуль изготовления деталей из металлических порошков по аддитивной технологии SLM(Selective Laser Melting – селективное лазерное плавление; модуль механической обработки, реализующий технологию высокоскоростной обработки; модуль термообработки для снятия остаточных напряжений после SLM-печати; модуль удаления элементов поддержки; модуль суперфинишной обработки; модули-накопители деталей; транспортная система; роботизированные модули перемещения изделий.

Система управления машиной должна обеспечивать два варианта управления – локальное управление каждым компонентом машины; прямое управление всей машиной. Система управления должна обеспечивать просмотр кадров вперед – не менее 200 кадров, скорость просмотра кадров – не менее 200 кадров в секунду. Система управления должна поддерживать следующие физические процессы: управление лазером; управление приводами на базе шариковинтовых передач; управление приводами на базе линейных двигателей; получение и обработка информации от датчиков разного типа – не менее 1000; поддержка облачных технологий. В качестве датчиков – датчики скорости, углового положения, ускорения, термодатчики, вихретоковые датчики перемещения, индуктивные датчики положения, датчики высоты.

Размер печатаемого изделия для первого размера машины – от 300x300x300 мм^3.

Конструктивные особенности печатаемого изделия – изделие является маложёстким, имеет множество отверстий, полостей, канавок, может иметь сетчатую и ячеистую структуру, в общем случае, конструкция может не иметь регулярную структуру. В конструкции могут быть поверхности с высокими параметрами шероховатости до Ra 0,16и геометрической точности IT7.

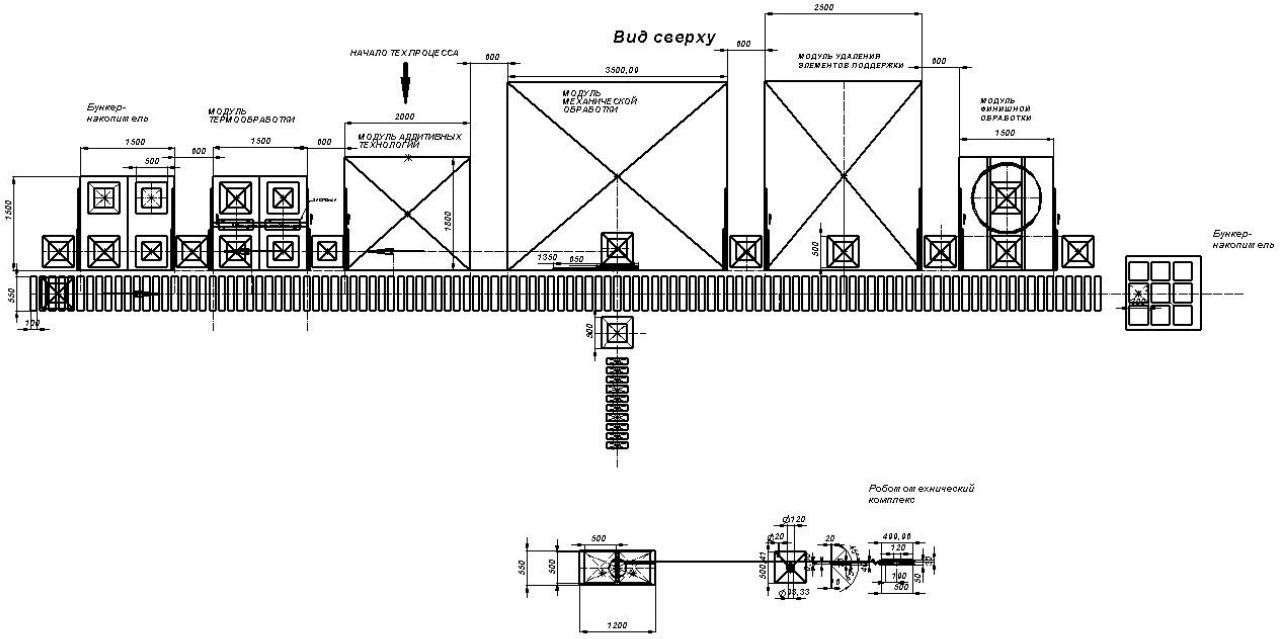
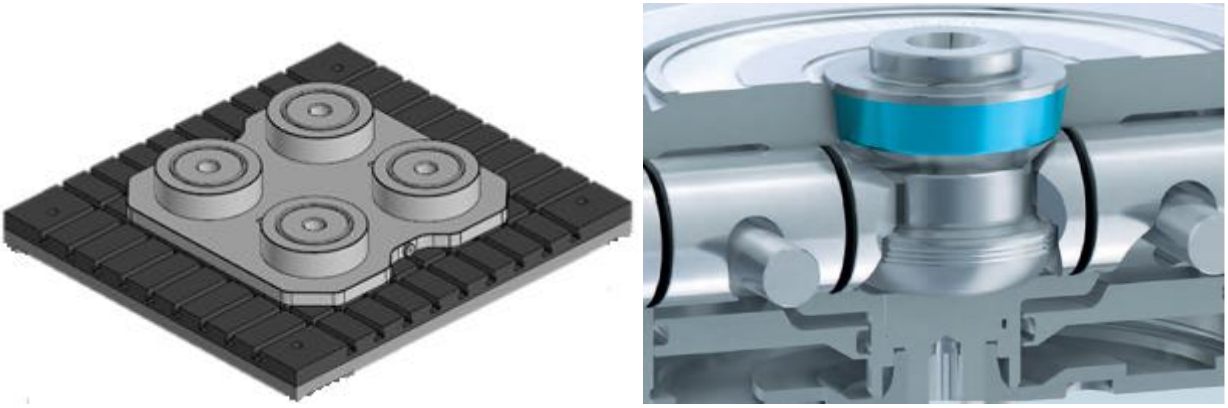


Рисунок 4 – Компоновочная схема мультифизической машины

Последовательность технологического цикла мультифизической машины заключается в следующем: от системы управления поступает запрос на изготовление нового изделия. После этого паллета с установленным на ней приспособлением (рисунок 5 а), оснащенным системой быстрого зажима (рисунок 5 б), с установленной на нем подложкой (рисунок 6) для изделия поступает в первую дополнительную камеру аддитивного модуля (рисунок 7 и

8). Затем по транспортному проходу этого модуля, благодаря встроенной в модуль локальной транспортной системе, поступает во вторую камеру.

После формирования изделия на подложке оно передается во вторую дополнительную камеру аддитивного модуля и выводится во внешний контур для подачи в модуль термообработки. Модуль термообработки, как и аддитивный модуль, отличает высокая степень автоматизации операций загрузки-выгрузки. Кроме того детали, загружаемые в модуль термообработки не меняют систему базирования.



а) б)

Рисунок 5 Паллета с установленным приспособлением и системой быстрого крепления (зажима-разжима)

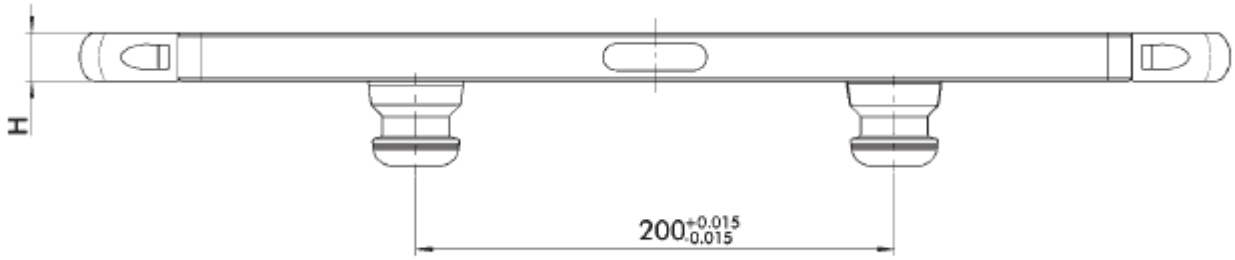


Рисунок 6 - Подложка

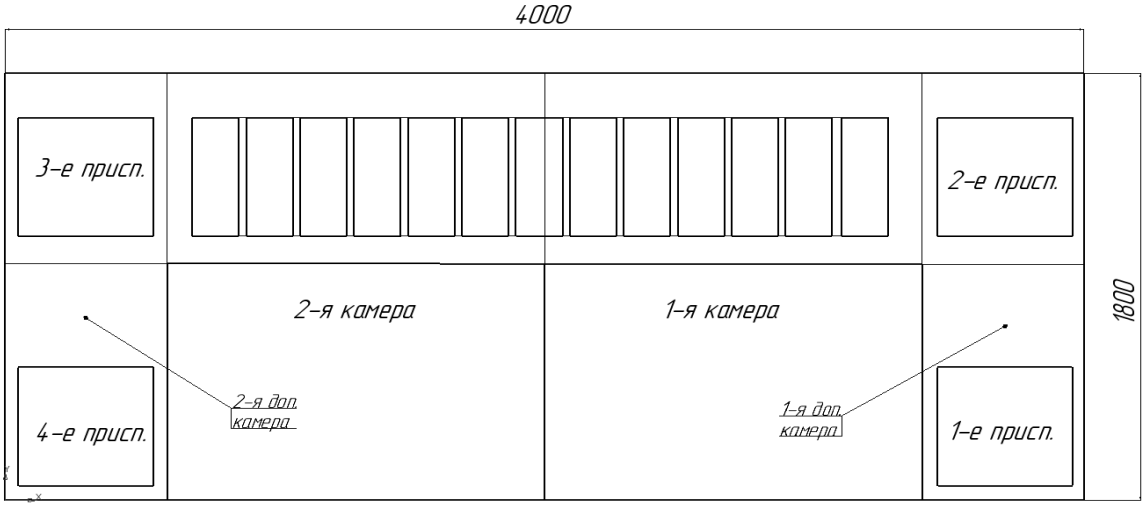


Рисунок 7 – Схема расположения основных и дополнительных камер

Пройдя цикл термообработки в модуле термообработки паллета поступает в модуль бункер-накопитель №1. Этот модуль нужен для согласования ритма технологического цикла изготовления различных деталей. Одновременно могут изготавливаться число деталей, размещающихся на восьми паллетах. Технологические циклы деталей различны.

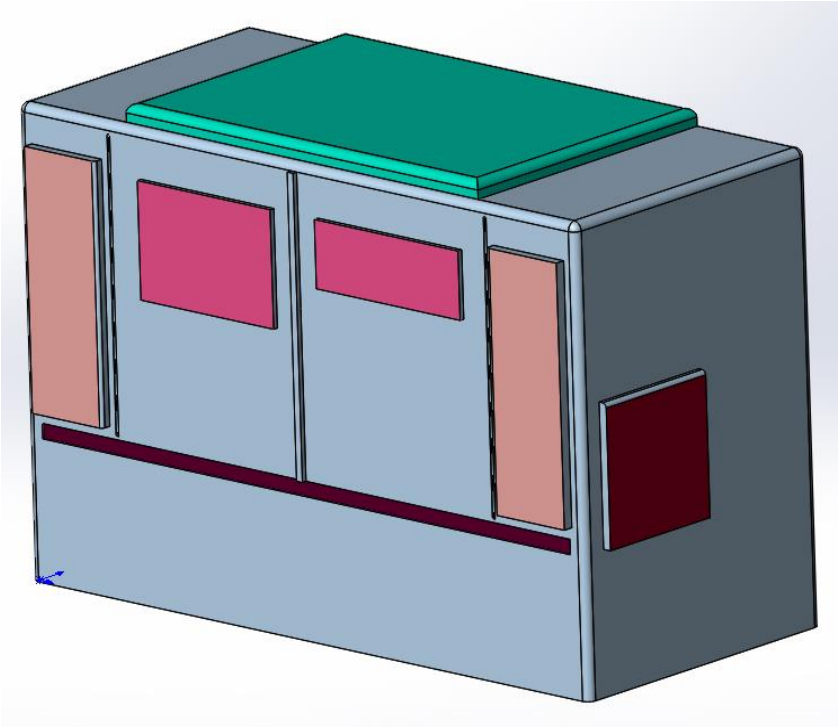


Рисунок 8 – Компоновочная модель аддитивного модуля

После получения сигнала от модуля мехобработки паллета с приспособлением, подложкой и деталью с помощью мобильной транспортной системы перемещается в модуль мехобработки. Особенностью модуля мехобработки является наличие двух шпиндельных узлов. Один шпиндельный

узел выполняет лезвийную обработку; другой выполняет абразивную. Лезвийная обработка – высокоскоростное резание. Для более полной загрузки модуля мехобработки предусмотрена внешняя загрузка с помощью внешнего робототехнического комплекса.

После завершения механической обработки детали необходимо паллету с установленной на ней деталью подать в модуль удаления подложки. Этот модуль выполнен в виде электроэрозионного станка. При удалении подложки в модуле деталь удерживается роботом. А после полной отрезки переустанавливается в новое приспособление, которое транспортируется в модуль суперфиниширования (рисунок 9).

После финишной обработки деталь поступает в модуль бункер-накопитель №2. Из которого автоматически поступает на склад.

Таким образом выполнен комплекс исследований, направленный на решение одной из актуальных задач для современных предприятий машиностроения: создание высокотехнологичной машины, работающей по полному циклу. Создание такой машины позволяет варьировать с какой угодно частотой на входе физико-химический состав материала, что обеспечит на выходе вариацию физико-механических характеристик. В том числе данная машина может успешно использовать и нанопорошки в качестве добавок, что обеспечит получение новых физико-механических свойств готового изделия. Использование мобильной транспортной системы позволяет создать мультифизическую машину с реконфигурируемой компоновкой. При выполнении данной работы исследованы ряд перспективных направлений в области искусственного интеллекта и создания конструкций пониженной массы.

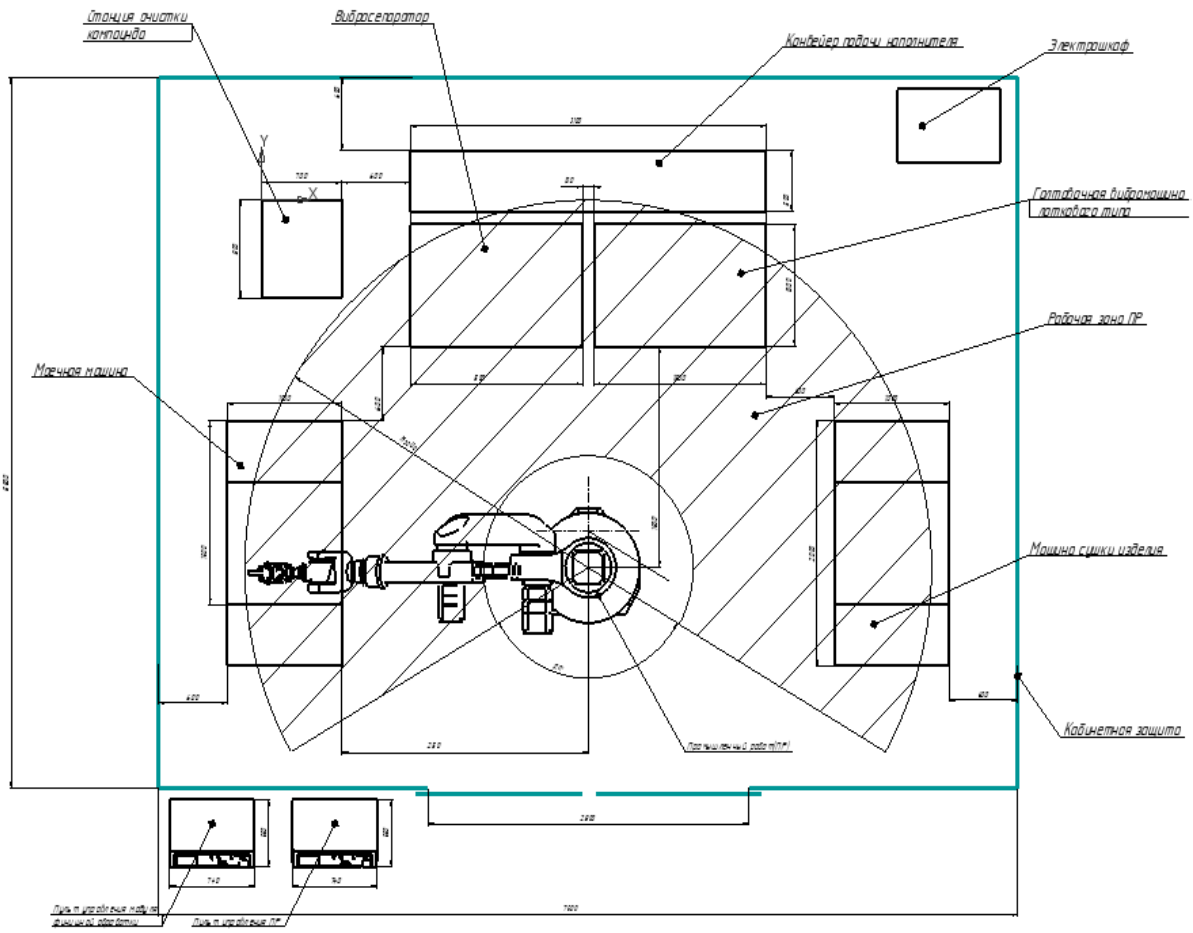


Рисунок 9 – Компоновка модуля суперфинишной обработки

Модуль суперфинишированиябыл реализован в виде рабочего проекта и передан в виде конструкторской документации для изготовления ООО «Оренбургнефтемаш».

Список литературы

1. T. Markovits, B. Szederkényi,Investigation of generative design for powder bed fusion technology in case of Formula Student race car components using Ti6Al4V alloy,Journal of Manufacturing Processes,Volume 80,2022,Pages 220-231,ISSN 1526-6125,https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.05.058.

2. Parnika Chauhan, Katya Sah, Rashmi Kaushal, Design, modeling and simulation of suspension geometry for formula student vehicles, Materials Today: Proceedings, Volume 43, Part 1, 2021, Pages 17-27, ISSN 2214-7853, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.200.

КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Пчелинцев М. Н., Шафиев Р.Р., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Одним из наиболее эффективных подходов к решению измерительных задач, связанных с определением размеров машиностроительных изделий, в настоящее время являются координатные измерения, они позволяют заменить большинство традиционных средств измерений, используемых в машиностроительной метрологии. Основным средством практической реализации координатных измерений выступают координатно-измерительные машины (КИМ).

Сейчас множество предприятий различных отраслей промышленности используют их как мощный и универсальный метрологический инструмент для определения отклонений размеров, формы и расположения поверхностей деталей сложной геометрической формы. Большая часть существующих на данный момент КИМ представляют собой физическую реализацию декартовой системы координат, в которой выполняются измерения.

Измерения на координатно-измерительной машине сводятся к определению реальных формы и размеров элементов деталей и их сопоставлению с номинальными параметрами.

Контроль геометрической точности машиностроительных изделий является одной из важнейших составляющих производственного процесса, которая с каждым годом приобретает все большее значение. С современной точки зрения использование координатно-измерительной техники и особенно координатно-измерительных машин с ЧПУ для линейных и угловых измерений произвело революцию в технических измерениях так же, как и использование в производстве технологий программной обработки.

При использовании техники координатных измерений объект измеряется посредством точек на его поверхности. Чтобы определить положение точки при измерении она должна быть связана с системой отсчета, которая в свою очередь называется системой координат. Используемые в координатно-измерительных машинах линейные энкодеры, которые устанавливаются вдоль осей перемещений машины, представляют собой такую систему отсчета, известную как система координат машины.

Необходимо определить точное положение и ориентацию объекта в рабочем пространстве машины. Выравнивание детали в рабочем пространстве КИМ осуществляется компьютером путем математической обработки результатов измерений некоторых геометрических элементов детали. Математическое выравнивание объекта является одной из основных

особенностей КИМ, снижающей затраты при измерениях и очень важным преимуществом КИМ по сравнению с традиционными измерительными устройствами, где выравнивание детали осуществляется при помощи механических приспособлений. Эти механические приспособления, в большинстве случаев, являются сложными и дорогостоящими устройствами специального назначения, имеющими собственные погрешности изготовления и сборки, которые, в свою очередь, влияют на погрешности измерения традиционных измерительных устройств. В результате выравнивания объекта создается связанная с деталью система отсчета, известная как система координат детали.

Математическое выравнивание детали в системе координат машины обычно может быть выполнено множеством способов через измерение различных элементов. Данная процедура является очень важной частью измерений на КИМ и должна выполняться очень аккуратно с полным пониманием принципов, лежащих в ее основе. Погрешности, допущенные в процессе выравнивания детали, напрямую влияют на результаты измерений. Общего правила для выравнивания объектов не существует, и поэтому метод и элементы, используемые для выравнивания, индивидуальны для каждой конкретной задачи измерения. Для объектов призматической формы международный стандарт ISO 5459 рекомендует использовать при выравнивании деталей метод трех плоскостей. Реализация данного метода показана на рисунке 1 и описывается следующим образом.

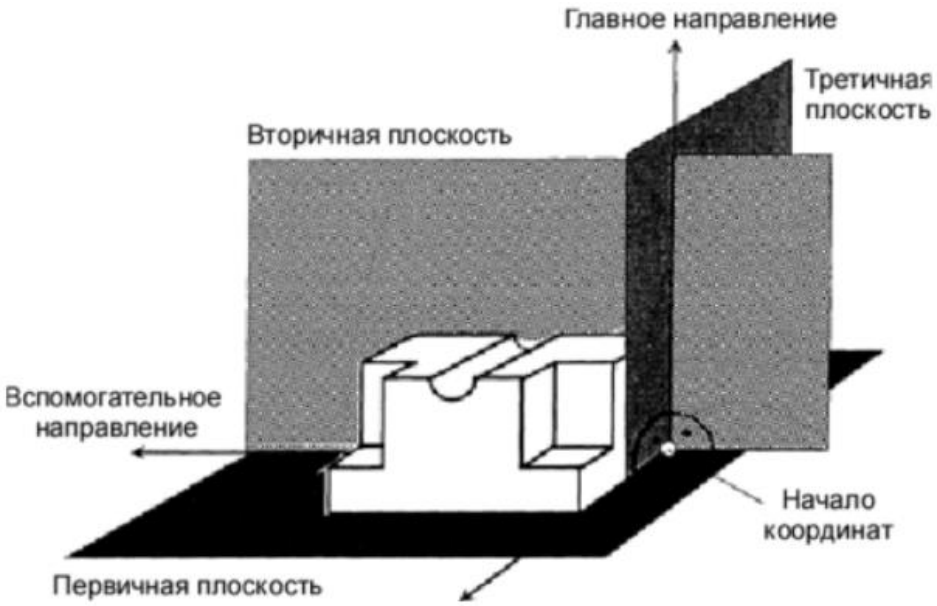


Рисунок 1 – Метод трех плоскостей для создания системы координат детали

Нормальный вектор первичной плоскости, который задает горизонтальное положение детали и главное направление системы координат

должен по возможности определяться элементом с наиболее «жесткими» производственными допусками. Вспомогательное направление перпендикулярно главному направлению и является результатом пересечения вторичной плоскости и первичной плоскости. Начало системы координат определяется точкой пересечения полученной линии пересечения с третичной плоскостью [1].

Очевидно, что данным методом создается декартовая система координат. В такой координатной системе все три направления взаимно перпендикулярны, часто используется при измерениях на КИМ, поскольку сама конструкция машины часто представляет собой физическую реализацию такой координатной системы. Тем не менее, используются и несколько других координатных систем, которые так же могут быть полезны при решении тех или иных измерительных задач или для представления результатов измерений. Преобразования отдельных точек и элементов между различными типами координатных систем могут быть выполнены с использованием математических вычислений на компьютере при наличии соответствующего программного обеспечения. В технике координатных измерений применяются четыре типа координатных систем (рисунок 2) [1].

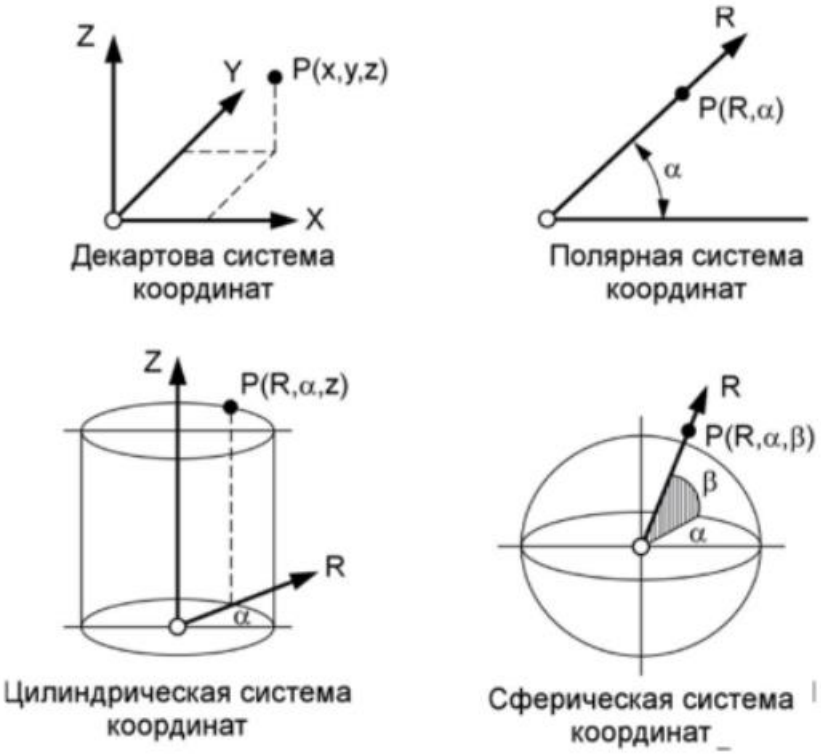


Рисунок 2– Различные типы координатных систем

В декартовой системе координат тело имеет шесть степеней свободы. Которые представляют собой три линейных перемещения вдоль осей X, Y и Z и три поворота относительно названных осей (по одному на каждую ось). Исходя

из этого следует, что система координат должна задаваться, как минимум, шестью точками (рисунок 3).

Чтобы задать базовую (координатную) систему для призматической детали с плоскими граням, имеющую начало координат в одном из углов детали, требуется шесть точек. Три точки необходимы для определения плоскости XY (первичной базы А), еще две точки необходимы для определения прямой линии, лежащей в плоскости XZ (вторичной базы Б), и последняя точка необходима в плоскости YZ (третичной базе В).

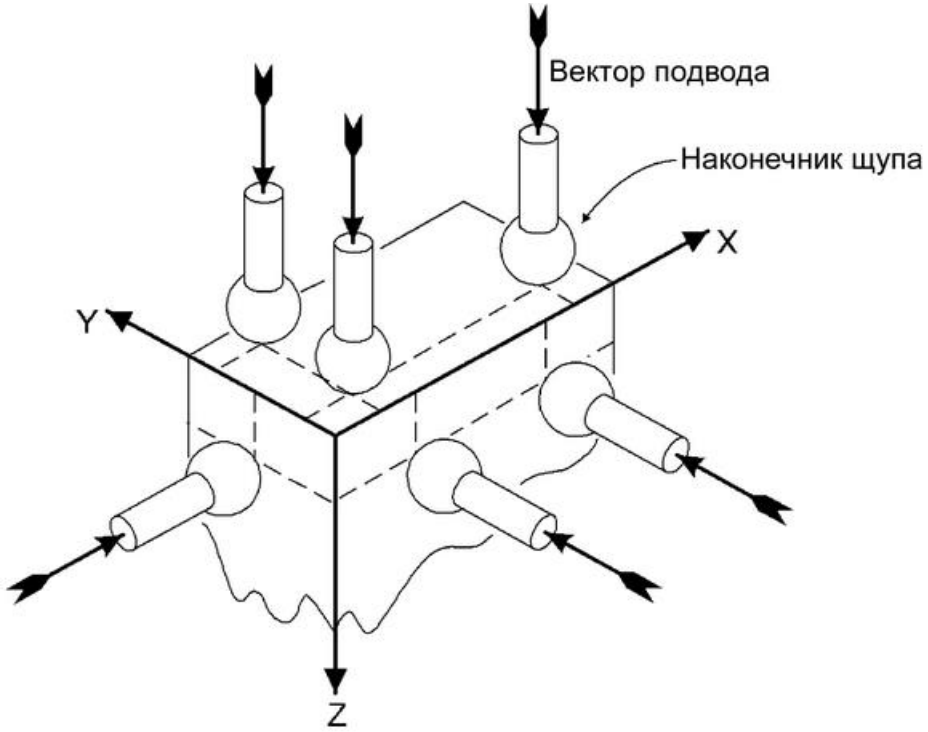


Рисунок 3 – Шесть точек контакта, необходимых для создания системы координат

Затем необходимо определиться с ориентацией детали в рабочем пространстве КИМ. Желательно, чтобы все измерения были выполнены за одну установку, но это не всегда представляется возможным, зависит от сложности измеряемой детали.

При этом следует избегать установки детали на ее базовые элементы, т.к. они требуют измерения, следовательно, необходимо обеспечить свободный доступ к этим поверхностям.

Выбор метода закрепления детали должен производиться оператором с учетом влияния на деталь измерительного усилия. КИМ функционируют при очень низких измерительных усилиях, обычно в диапазоне от 0,02 до 0,2 Н. Однако следует учитывать, что это усилие обеспечивается непосредственно во время измерения, в то время как КИМ может нагружать деталь в процессе измерения силой до 3 Н независимо от конечного измерительного усилия,

поскольку многие КИМ имеют начальное измерительное усилие, значительно превышающее то, которое требуется для измерения.

Если деталь является достаточно тяжелой, то возможно просто положить ее в устойчивом положении на стол машины без какого-либо крепежа.

Для небольших и легких деталей можно использовать пластилин, полимерную глину или технический воск. При этом после завершения измерений необходимо удалить все следы использования этих материалов со стола. Альтернативными методами закрепления являются магнитные плиты и пневмопатроны.

В некоторых случаях необходим механический прижим детали к поверхности стола КИМ или установочного приспособления. В таких случаях оператору необходимо помнить, что геометрия детали может исказиться под усилием зажима, в связи с чем не следует перегружать зажимы. Чтобы избежать этого можно использовать пробковые прокладки между деталью и зажимными элементами. Так же все крепежные элементы необходимо учитывать при написании управляющей программы КИМ, чтобы избежать столкновения в процессе измерения.

Для построения упрощенных специализированных приспособлений, предназначенных для фиксации измеряемых деталей, доступны различные наборы крепежных элементов. В более сложных случаях установки надлежит использовать модульные системы закрепления деталей, такие как SwiftFix, EasyFix или Allufix (рисунки 4-6). Так же можно использовать специальные приспособления, они подходят для конкретных деталей, обеспечивая простоту позиционирования. Из достоинств такого закрепления можно отметить малое время установки и возможность выполнения измерений в конкретной области стола КИМ, где хорошо известны ее характеристики, недостатком же является, что она подходит только для определенной детали.

При использовании специальных приспособлений оператор должен удостовериться в том, что: контактные поверхности приспособления являются чистыми, деталь занимает правильно положение, усилия закрепления не деформируют деталь и доступны все элементы, подлежащие измерению.

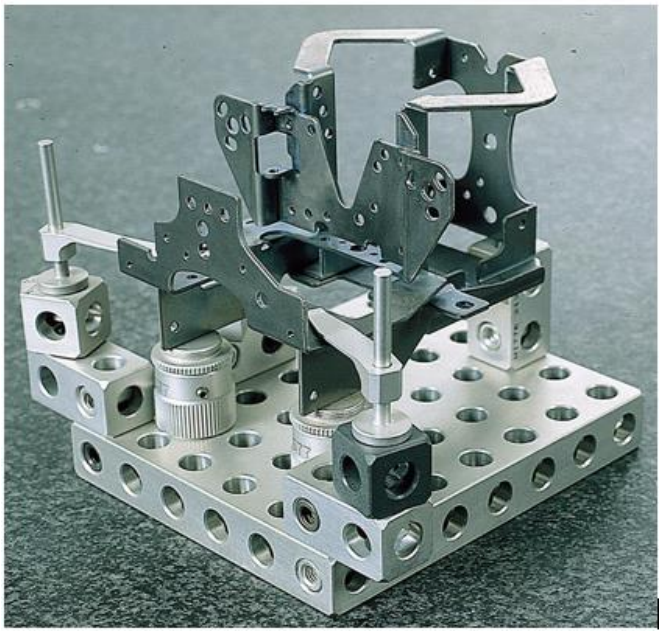


Рисунок 4 – Модульная система закрепления деталей AlluFix

Рисунок 5 – Модульная система закрепления деталей SwiftFix

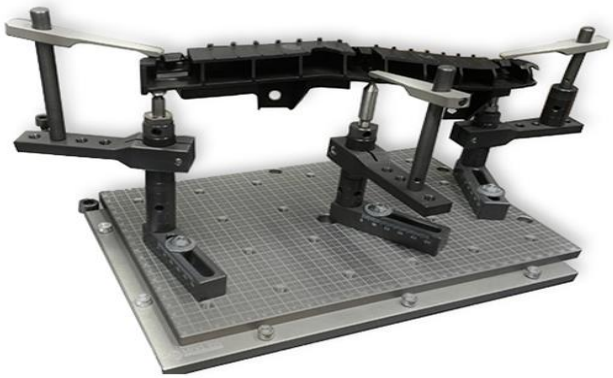


Рисунок 6 – Модульная система закрепления деталей EasyFix

Детали также могут быть закреплены непосредственно на столе КИМ при помощи термоклеевого пистолета, заправленного подходящим клеевым составом. Достоинством данного метода является то, что деталь не подвергается деформациям от усилий зажима. При этом оператор должен убедиться, что все измеряемые элементы находятся в свободном доступе; но невозможен доступ к элементу, который находится в прямом контакте со столом.После измерений необходимо очистить стол от клея соответствующим растворителем. Главным недостатком использования данного метода является то, что оператор вынужден ориентировать деталь «на глазок».

В общем случае, при использовании любых зажимных приспособлений не следует чрезмерно ограничивать деталь. Идеально было бы зажать ее в единственной точке, но при таком зажиме возможен поворот детали при измерении. Легкие усилия зажима и использование прокладок из резины или пробки между деталью и зажимами помогает минимизировать деформацию и избежать повреждения детали.

В качестве выводов, касающихся закрепления деталей, можно отметить следующее:

- на измеряемую деталь следует накладывать только необходимые ограничения;
- необходимо использовать минимальные необходимые усилия зажима, чтобы избежать деформации геометрии детали;
- выбор способа закрепления детали должен производиться с учетом температурных явлений;
- по возможности не следует прибегать к приклеиванию детали;
- наиболее эффективным способом закрепления деталей при координатных измерениях представляется использование универсальной модульной оснастки, которая практически отсутствует на отечественных предприятиях, эксплуатирующих координатно-измерительную технику, в связи с чем существует проблема разработки подобной оснастки.

Список литературы

1. Каменев С.В. Основы автоматизированных координатных измерений: учебное пособие / Каменев С.В., Марусич К.В. – 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.

РЕШЁТЧАТЫЕ СТРУКТУРЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Селезнев М.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение

Поиск средств, способов и методов металлосбережения является актуальной задачей машиностроительной отрасли вот уже много лет. Связано это со следующими причинами: во-первых, больший расход металла неизбежно приводит к большей себестоимости готового изделия. Во-вторых, чем больше масса готового изделия - тем сложнее её обрабатывать, на это требуется больше энергии, грузоподъемности устройств и т.д. На сегодняшний день развитие средств автоматизированного проектирования (САПР) и развитие средств аддитивного производства позволяют изготавливать конструкции с самой разнообразной формой. Инженерам становятся доступны новые структуры, конфигурации изделий. Развитие методов селективного лазерного плавления SLM (Selective Laser Melting) и селективного лазерного спекания (SLS). SLS (Selective Laser Sintering) позволяют разрабатывать посредством аддитивных технологий металлические детали и конструкции.

Конструкции с решётчатой структурой

Конструкции с решетчатой структурой известны давно. Наибольшее распространение они получили в строительной отрасли - из них изготавливали различные своды, плиты (рисунок 1). Такие конструкции обладают высокой жесткостью при относительно небольшой массе. Однако применение решетчатых структур в машиностроении ограничивал способ их производства. Основными способами производства конструкций с решетчатыми структурами являлись механическая обработка (фрезерование), осаждение из паровой фазы (физическое и химическое), плазменное напыление, порошковая металлургия [1] и послойное литье с термопрессованием [2].

Сложность механической обработки, трудозатратность, экономическая неэффективность и другие факторы позволяли применять такие конструкции только в космической технике и ракетостроении, где были жесткие ограничения по массе. Способы осаждения из паровой фазы (физического и химического), плазменного напыления, порошковой металлургии и послойного литья с термопрессованием также не получили широкого распространения.

Согласно работе [3] сделан вывод о том, что традиционное производство не позволяет изготавливать изделия со сложной решетчатой структурой.

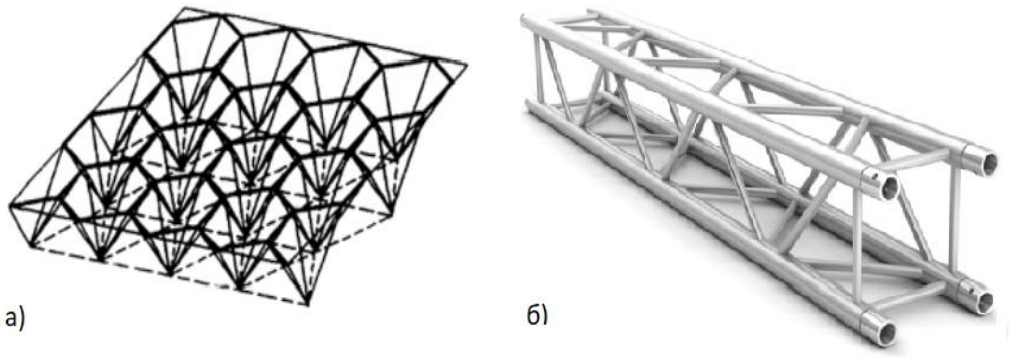


Рисунок 1- Решётчатые конструкции в строительстве: а - решётчатая плита, б - решётчатая колонна

Решётчатые структуры относятся к разновидности ячеистых структур (рисунок 2). В ячеистых структурах различают периодические, апериодические и стохастические ячейки. Наиболее лучшими свойствами из всех перечисленных обладают балочные периодические решётки(рисунок 2 - а), они обладают меньшим весом, большей прочностью, большими показателями поглощения энергии и вибраций [4]. Помимо низкой массы решётчатые конструкции обладают еще одним превосходством над полнотелыми деталями- за счёт большей удельной поверхности такие конструкции лучше рассеивают тепло, и, соответственно, могут применяться в машинах с повышенной тепловой нагрузкой.

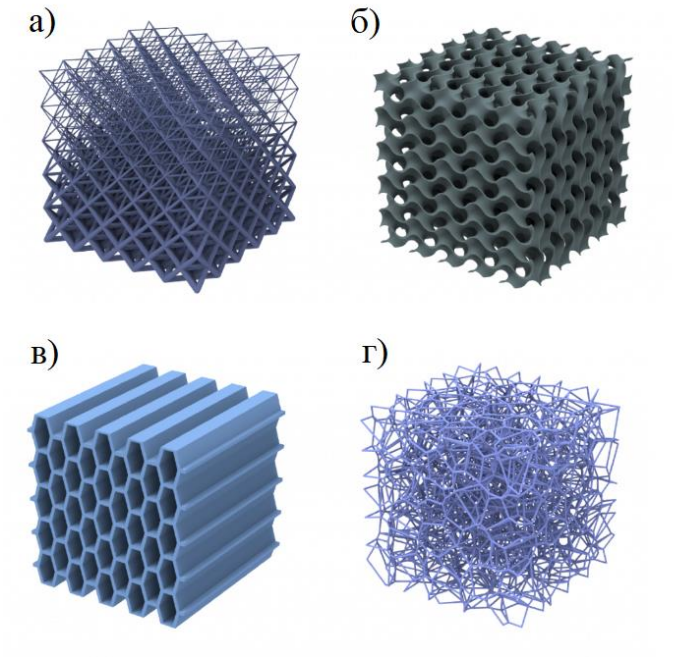


Рисунок 2 – Виды ячеистых структур: а - решетчатая балочная периодическая, б - гироидная, в-сотовая, г - балочная стохастическая

Как было сказано выше, с развитием аддитивных технологий и САПР, такие конструкции стали доступны машиностроительной и другим отраслям промышленности. В настоящее время решётчатые конструкции используются в автомобильной, авиационной, космической, медицинской отраслях [5].К примеру, в работе [6] получена новая конструкция прямозубых зубчатых колес с использованием сотовой решетчатой структуры, удалось добиться уменьшения объема на 19% при той же прочности, что и у цилиндрического зубчатого колеса без решетчатой структуры.

Решётчатые структуры в станкостроении

Как известно, основная масса станка (80 – 85%) приходится на несущие системы, к несущим системам относят станины, стойки, основания, опоры, корпусные детали. Уменьшение массы несущих систем ощутимо снизит массу всего станка. К примеру, на рисунке 3 показаны 2 варианта основания станка 400V. В талице 1 показаны массы станков, как видно из таблицы – различие составляет 35%.

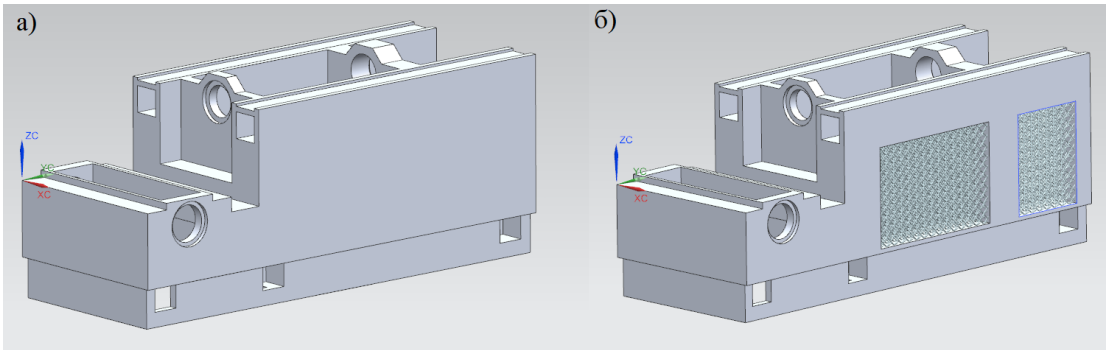


Рисунок 3 – Вид основания станка 400V: а - серийный вариант, б - с решёткой

Таблица-1

Вариант основания станка 400V	Масса, кг
Серийный	2710
С решёткой	1750

Решетчатые структуры можно применять также в стойках, корпусных элементах, а при одновременном применении решёток во всех перечисленных элементах позволит достичь колоссальной экономии металла во всем станке. Наряду с этим, интерес представляет и тепловой расчёт таких конструкций в сравнении с серийными вариантами. В [7, 8] говорится, что на температурные деформации приходится от 30% до 70% от общих деформаций. Поэтому

комплексное исследование применимости таких структур в несущих системах станков представляет огромный практический интерес.

Список литературы

1. Cherradi N, Kawasaki A, Gasik M. Worldwide trends in functional gradient materials research and development. *Compos Eng* 1994; 4: 883–894.

2. Yusong P, Qianqian S, Yan C. Fabrication and characterisation of functional gradient hydroxyapatite reinforced poly (ether ether ketone) biocomposites. *Micro Nano Lett* 2013; 8: 357–361.

3. Beyer C, Figueroa D. Design and analysis of lattice structures for additive manufacturing. *J Manuf Sci E: T ASME* 2016; 138: 121014.

4. Pan, C.; Han, Y.; Lu, J. Design and optimization of lattice structures: A review. Appl. Sci. 2020, 10, 6374 - DOI:https://doi.org/10.3390/app10186374.

5. Seharing A, Azman AH, Abdullah S. A review on integration of lightweight gradient lattice structures in additive manufacturing parts. Advances in Mechanical Engineering. 2020;12(6). DOI:10.1177/1687814020916951.

6. Kulangara AJ, Rao CSP, Subhash Chandra Bose P. Generation and optimization of lattice structure on a spur gear. *Mater Today: Proc* 2018; 5: 5068–5073.

7. Пивовар Л. Е. Влияние тепловых деформаций на точность токарных многошпиндельных автоматов / Л. Е. Пивовар // Известия Вузов. Машиностроение. - 1982. - №4. - С. 147-149.

8. ПушА. В. Прогнозирование тепловых смещений шпиндельных узлов /А. В. Пуш // Станки и инструмент. - 1985. - №5. - С. 15-19.

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ

Сергеев[1]А.И., д-р техн. наук, профессор, Воронин[2] Д.Н.
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
[2]АО «ПО «Стрела», г. Оренбург

Конкурентоспособность машиностроительного предприятия зависит от многих факторов:

- профессиональный коллектив;
- уровень автоматизации технологических и производственных процессов;
- высокотехнологичное оборудование;
- стратегия взаимодействия с потребителем продукции;
- используемое инженерное программное обеспечение;
- диспетчеризация производства и другие.

Каждый из перечисленных пунктов может стать решающим в конкурентной борьбе или при выполнении оборонного заказа.

Профессиональный коллектив, как правило, складывается годами. Привлечение новых, высококвалифицированных специалистов требует значительных затрат на фонд оплаты труда. Поэтому предприятия стараются, по возможности, заменить труд человека, используя автоматизацию технологических процессов. С одной стороны, это также требует капитальных вложений, с другой – они быстро окупаются, а автоматизированные и автоматические процессы позволяют выпускать продукцию стабильно высокого качества и работать в несколько смен.

В большинстве предприятий считают, что главная проблема низкой эффективности — это устаревшее производственное оборудование. Отчасти это действительно так, невозможно изготовить корпусную деталь с пространственной поверхностной геометрией, не имея многоосевого обрабатывающего центра с числовым программным управлением. Однако, это справедливо в случае перехода на выпуск новых изделий. Если же речь идет о традиционной продукции предприятия, то наличие современного оборудования не так критично. На первое место выходит эффективность использования имеющегося оборудования. Для увеличения отдачи производственного оборудования используют системы автоматизированного составления и оптимизации производственных расписаний MES (Manufacturing Execution System). Использование оптимальных производственных расписаний позволит получить эффект по следующим направлениям [1]:

- снижение простоев оборудования, используя перерасчёт производственного расписания в случае изменения производственной ситуации;

- возможность предприятия работать по системе «Just-in-Time» (Точно в срок), что позволяет сократить складские запасы и повысить оперативность производства;

- повышение коэффициента загрузки оборудования.

По данным статистики использование MES-систем обеспечивает:

- снижение продолжительности цикла производства в среднем на 45 %;

- сокращение времени ввода данных, обычно на 75 % или более;

- сокращение количества незавершенной продукции в среднем на 24 %;

- снижение объема бумажной отчетности между сменами в среднем на 61 %;

- сокращение времени освоения новой продукции в среднем на 27 %;

- сокращение бумажной документации в среднем на 56 %;

- сокращение объема брака в среднем на 18 % [2].

В итоге повышается объем выпуска продукции на имеющемся оборудовании, что позволяет получить дополнительные средства на приобретение действительно необходимого современного оборудования.

Отсюда можно сделать вывод, что повышение эффективности производства на основе внедрения систем автоматизированного составления и оптимизации производственных расписаний является одним из наиболее выгодных путей в условиях ограниченного финансирования. Этой идеологии соответствует популярная концепция бережливого производства, которая предполагает устранение всех возможных потерь времени и других ресурсов, исключение или сокращение действий, не создающих потребительскую ценность [3].

Рассмотрим содержание задач автоматизированного составления и оптимизации производственных расписаний.

Первыми работами, положившими начало научной теории расписаний, можно считать работы Генри Гантта 1903 г. [4], который предложил диаграммы, сегодня известные под названием «диаграммы Гантта». Считается, что сам термин «теория расписаний» предложен Р. Беллманом в 1956 году [5].

Дальнейшее развитие теория расписаний получила в 50-х года 20-го века. В это время начались активные исследования задач теории расписаний, среди которых можно выделить работы Джонсона [6], Джексона [7] Смита [8], а также монографии [9, 10].

Большая часть задач теории расписаний является *NP*-полными, лишь некоторые из которых могут быть решены за полиномиальное время. К таким задачам относятся расписание с прерываниями, которое удовлетворяет установленным моментам времени при произвольном числе обслуживающих аппаратов, для задач в постановке «потоковая линия» - это расписание для двух обслуживающих аппаратов с минимальным общим временем обслуживания

[11]. Тем самым, вычислительная сложность задач может существенно варьироваться в зависимости от конкретных условий.

Следует отметить, что постановки «открытая линия», «рабочий цех» и «потоковая линия» являются частными случаями задач ресурсного планирования проектов [12]. Для решения задач такого класса разрабатываются точные и приближенные подходы. К точным подходам относятся методы прямого перебора, «ветвей и границ» [13], линейного программирования [14], динамического программирования [15] и другие методы. Основным недостатком точных методов является невозможность поиска оптимальных решений для сложных проектов.

Для решения такого класса задач применяются приближенные методы, гарантирующие как относительную [16, 17], так и абсолютную погрешность [18]. К приближенным методам относится метод Монте-Карло [19], метод частичного перебора [20], метод направленного перебора [20], упрощенный метод «ветвей и границ» [21], а также современные методы последовательного и параллельного составления расписаний на основе эвристических правил [22] позволяющие генерировать эффективные расписания для масштабных проектов за разумное время [23, 24].

Современные исследователи также применяют приближенные методы, основанные, как правило, на модификации вышеперечисленных. Так, например, в работе [25] рассматривается гибридный генетический алгоритм, предназначенный для решения задач оперативного планирования производственного процесса. Предложенный алгоритм сочетает принципы нечеткой логики и генетического поиска оптимальных производственных расписаний. В нём с помощью аппарата нечеткой логики варьируются вероятности применения операторов кроссинговера, мутации, а также оператора миграции в процессе выполнения поиска. В результате вычислительных экспериментов полученный алгоритм показал высокую сходимость в процессе поиска квазиоптимального производственного расписания.

В работе [26] сделан акцент на составление универсального алгоритма для решения задач маршрутизации и задач составления производственного расписания. За основу так же принят генетический алгоритм, но в данном случае он модифицирован при помощи процедуры динамического программирования. В результате вычислительных экспериментов установлено, что с помощью предложенного алгоритма возможно получить значительно лучшие результаты по сравнению с пакетом CPLEX.

Построение производственных расписаний с помощью модифицированного метода ветвей и границ рассмотрено в работе [27]. Автором предложено введение строгих ограничений на сроки выполнения заданий, что в некоторых случаях позволило отбросить заведомо не подходящие расписания и сократить количество рассматриваемых в алгоритме вариантов. Это привело к сокращению количества вычислений для поиска

близкого к оптимальному или оптимального производственного расписания последовательных производственных участков.

Использование муравьиного алгоритма для оптимизации производственного расписания гибких производственных систем рассмотрено в работе [28]. Предложен оригинальный подход к формальной постановке модели гибкой производственной системы для реализации муравьиного алгоритма. В качестве искусственного агента (муравья) выступает производственное оборудование: гибкие производственные модули и транспорт. Искусственные агенты могут переходить по графу, вершинами которого являются технологические операции над деталью определенного наименования. Вторым существенным отличием от общепринятых подходов в муравьином алгоритме является применение правил изменения концентрации феромона не для «лучших», а для «худших» решений чтобы улучшит их на последующих итерациях. Это позволит избежать сходимости алгоритма в локальном оптимальном решении.

Судя по проведенному анализу литературных источников, можно сделать вывод о том, что экспоненциальная сложность задач составления производственных расписаний заставляет искать менее затратные, в плане вычислений, алгоритмы. Однако в этих работах не отражено, действительно ли определено глобальное оптимальное решение и насколько приближенное решение близко к оптимальному. С одной стороны, быстрое схождение алгоритма поиска оптимального решения сокращает количество вычислений, а с другой – увеличивает вероятность его остановки в локальном оптимуме. В то же время рассмотренные примеры показывают перспективность предложенных в них подходов, что подтверждает актуальность разработки новых алгоритмов составления производственных расписаний.

Список литературы

1. Шутиков, М.А. Внедрение системы автоматизированного расчета производственного расписания измерительного оборудования совместно со станочным парком / М.А. Шутиков, А.Н. Феофанов // Вестник современных технологий. – 2019. – №3(15). – С. 36-40.

2. Калюжный, И.О. Новые подходы к внедрению MES-систем с использованием концепции многокомпонентной модели предприятий. / И.О. Калюжный, Ф.Г. Нассибулин, О.Н. Силенко. // Нефтяное хозяйство. – 2013. – №5. – С. 90-93.

3. Синго, С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / С. Синго; Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. – 312 с.

4. Gantt, H.L. Agraphical daily balance in manufacture / H.L. Gantt // ASME Transactions. – 1903. – vol. 24. – P. 1322-1336.

5. Bellman, R. Mathematical aspects of scheduling theory / R. Bellman // Journal of the Society of Industrial and Applaid Mathematics. – 1956. – Vol. 4. – P. 168–205.

6. Johnson, S.M. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included / S.M. Johnson // Naval Research Logistics Quarterly. – 1954. – V.1. – P. 61–68.

7. Jackson, J.R. Scheduling a production line to minimize maximum tardiness / J.R. Jackson // Los Angeles, CA: University of California, 1955. Manag. Sci. Res. Project. Research Report N 43. – 72 p.

8. Smith, W.E. Various optimizers for single stage production / W.E. Smith // Naval Research Logistics Quarterly. – 1956. – V. 3. – P. 59–66.

9. Танаев, В.С. Введение в теорию расписаний / В.С. Танаев, В.В. Шкурба. – М.: Наука, 1975. – 256 с.

10. Conway, R.W. Theory of Scheduling / R.W. Conway, W.L. Maxwell, L.W. Miller // Addison-Wesle, 1967. – 294 p.

11. Аничкин, А.С. Современные модели и методы теории расписаний / А.С. Аничкин, В.А. Семенов // Труды ИСП РАН. – 2014 г. – Т. 26, №3. – С. 5-50.

12. Sprecher, A. Resource-constrained project scheduling: Exact methods for the multi-mode case / A. Sprecher // Book Series: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Berlin: Springer. - 1994, T. 409. - 142 p.

13. Brooks, G.N. An algorithm for finding optimal or near optimal solutions to the production scheduling problem / G.N. Brooks, C.R. White // Journal of Industrial Engineering. – 1966. – T. 17, Vol. 2. – P. 173-186.

14. Gomory, R.E. An all integer programming algorithm. / R.E. Gomory // Industrial Scheduling, New Jersey: Englewood Cliffs, 1963. – P. 193 - 206.

15. Szwarg, W. Solutions of the akers-friedman scheduling problem / Szwarg, W. // Operations Research. – 1960. – T. 8, Vol. 6. – P. 782-788.

16. Каширских, К.Н. Улучшенный алгоритм решения двухмашинной задачи flowshop с неодновременным поступлением работ / К.Н. Каширских, К.Н. Поттс, С.В. Севастьянов // Дискретный анализ и исследование операций. – 1997. – Т. 4, № 1.– С. 13 - 32.

17. Sevastianov, S.V. Computer-Aided Way to Prove Theorems in Scheduling / S.V. Sevastianov, I.D. Tchernykh // Bilardi G., Italiano G.F., Pietracaptina A., Pucci G. (eds.) Proceedings of Sixth Annual European Symposium on Algorithms ESA'98, 24 – 26 august. – Venice, Italy: 1998. – Springer-Verlag, LNCS, V. 1461, 1998.– P. 502 - 513.

18. Севастьянов, С.В. Геометрические методы и эффективные алгоритмы в теории расписаний / С.В. Севастьянов // Дис. док. физ.-мат. наук.– Новосибирск: 2000.– 280 с.

19. Giffler, B. Numerical experience with the linear and Monte-Carlo algorithms for solving production scheduling problems / B. Giffler, G.L. Thompson, V. Van Ness // Industrial Scheduling, New Jersey: Englewood Cliffs, 1963.–P. 21-29.

20. Page, E.S. An approach to the scheduling of the N jobs on M machines / E.S.Page // Journal of the Royal Statistical Society. – 1961.– T. 23, Vol. 2. – P. 484-492.

21. Brooks, G.N. An algorithm for finding optimal or near optimal solutions to the production scheduling problem / G.N. Brooks, C.R. White // Journal of Industrial Engineering. – 1966. – T. 17, Vol. 2. – P. 173-186.

22. Kolisch, R. Efficient priority rules for the resource-constrained project scheduling problem / R. Kolisch // Journal of Operations Management. – 1996. –T. 14, Vol. 3 – P. 179-192.

23. Boctor, F.F. Some efficient multi-heuristic procedures for resource constrained project scheduling / F.F. Boctor // European Journal of Operational Researchю. – 1990. – T. 49, Vol. 1. – P. 3-13.

24. Hegazy, T. Optimization of resource allocation and leveling using genetic algorithms / T. Hegazy // Journal of Construction Engineering and Management. – 1999. – T. 125, Vol. 3. – P. 167-175.

25. Гладков, Л.А. Гибридный алгоритм решения задач оперативногопланирования производственного процесса / Л.А. Гладков, Н.В. Гладкова, С.А. Громов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – №9(194). – С. 112-123.

26. Борисовский, П.А. Решение некоторых задач маршрутизации и составления производственных расписаний с помощью генетического алгоритма / П.А. Борисовский // В сборнике: Анализ, Моделирование, Управление, Развитие социально-экономических систем (АМУР-2019). XIII Всероссийская с международным участием школа-симпозиум : сборник научных трудов. – Симферополь-Судак: ИП Корниенко А.А., 2019. – С. 56-60.

27. Расписания выполнения заданий во взаимосвязанных последовательно работающих системах / Ю.А. Зак // Проблемы управления. – 2020. - №5. – С. 71-80.

28. Ченгарь, О.В. Применение биоинспирированного алгоритма для оптимизации производственного расписания / Ченгарь О.В. // В сборнике: Автоматизация и приборостроение: проблемы, решения. Материалы Международной научно-технической конференции. Научный редактор В.Я. Копп. - Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2017. – С. 161-162.

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА ТОЧНОСТИ МЕХАНИЗМОВ

Серегин А.А. канд. техн. наук, доцент,
Ткачев Н.Н., Барышников В.В., Лисовой И.А., Терехов Е.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Исходными данными для разработки методики расчёта является схема стержневой структуры механизма.

Решение прямой задачи для четырёх стержневой структуры

Начальные условия расчёта представим в виде:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & L_1 - S_x \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & cos\varphi & -sin\varphi & -L_2 \\ 0 & sin\varphi & cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -L_4 \\ 0 & 0 & 1 & S_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \overrightarrow{r_3} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ L_5 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Составим матрицы для каждого движения механизма.

Первая матрица описывает поступательное перемещение вдоль оси Z_1:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Вторая матрица описывает вращательное перемещение вдоль оси Z, но смещенной на расстояние a_2 по оси Y:

$$A_2 = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & a_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & \alpha_2 \cdot \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & a_2 \cdot \cos\theta \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Третья матрица описывает поступательное перемещение по оси Y, смещенная на расстояние a_3 вдоль оси Z:

$$A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 1 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для нахождения координаты исполнительного узла перемножим все эти матрицы

$$A_{сх} = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

$A_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l \\ 1 \end{bmatrix}$ – вектор для описания положения и ориентации исполнительного узла.

Последовательно перемножаем все матрицы. Сначала матрицы A_1 и A_2:

$$A_1 \cdot A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & \alpha_2 \cdot \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & a_2 \cdot \cos\theta \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & \alpha_2 \cdot \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & a_2 \cdot \cos\theta \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Перемноженные матрицы A_1 и A_2 перемножаем с матрицей A_3:

$$A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 = \begin{pmatrix} cos\,\theta & -sin\,\theta & 0 & \alpha_2 \cdot sin\,\theta \\ sin\,\theta & cos\,\theta & 0 & a_2 \cdot cos\,\theta \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 1 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} cos\,\theta & -sin\,\theta & 0 & -S_3 \cdot sin\,\theta + \alpha_2 \cdot sin\,\theta \\ sin\,\theta & cos\,\theta & 0 & S_3 \cdot sin\,\theta + \alpha_2 \cdot sin\,\theta \\ 0 & 0 & 1 & S_3 + \alpha_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

На основе этого уравнения находим радиус-вектор, исходящий от опоры к геометрическому центру исполнительного узла. Для этого используемзависимость:

$$r_0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & 0 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_И$$

В результате получим:

$$r_0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & X\cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & X\sin\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_И$$

Матрица обобщенной погрешности положения

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \beta & \delta x \\ 0 & 0 & -\alpha & \delta y \\ -\beta & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

где α – угловое смещение относительно оси абсцисс;
β – угловое смещение относительно оси ординат;
δx; δy – линейные смещения вдоль оси абсциссординат соответственно.

Тогда, линейные смещения вдоль радиус-вектора

$$\Delta r_Д = \varepsilon r_0 + \delta r$$

Полная погрешность будет иметь вид

$$\Delta r_Д = \begin{bmatrix} \delta x + \beta Z + \Delta R\cos\theta_3 \\ \delta y + \alpha Z + \Delta R\sin\theta_3 \\ -\beta R\cos\theta_3 + \alpha R\sin\theta_3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Полученная формула представляет собой модель. На основе которой можно произвести расчёт погрешности механизмов стержневой конструкции.

Вывод. Составлена методика расчёта точности механизмов, представляющих собой объёмные стержневые структуры.

Предлагаемый метод используют в учебном процессе.

Список литературы

1. Бруевич, Н.Г. Основы нелинейной теории точности и надёжности устройств / Н.Г. Бруевич, В.И. Сергеев. – М.: Наука, 1976. – 136 с.

2. Дубровин, Б.А. Современная геометрия: Методы и приложения /Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко. – М.: Наука, 1979. – 760 с.

3. Кильчевский, Н.А. Курс теоретической механики. В 2-х томах. / Н.А. Кильчевский. – М.: Наука, 1977. – 2 т.

4. Решетов, Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

5. Серёгин, А.А. Некоторые вопросы динамики и точности механизмов/А.А. Серегин // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 1990. - № 3. – С.12 –15.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В СФЕРУ РАКЕТОСТРОЕНИЯ

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

На сегодняшний день уровень и потенциал страны напрямую зависит от ряда перспективных развивающихся отраслей промышленности. Одним из таких перспективных направлений является ракетостроение.

Ракетостроение подразумевает под собой совокупность сложных работ, выполнение которых требует соблюдения строгих правил и соответствие современным тенденциям развития в сфере общего машиностроения[1].

Полезным продукт можно назвать только в том случае, если он идет в ногу со временем.

Зачастую, при проектировании летательного аппарата или его модулей, возникает необходимость анализа его характеристик при тех или иных условиях эксплуатации. Поскольку на ранних этапах разработки поведение проектируемого образца можно предугадать лишь теоретически, на начальных этапах работ необходимо вводить прототипирование. Моделирование «чернового» образца исследования сильно упростит дальнейшую разработку.

В данной статье авторами была рассмотрена возможность внедрения современных технологий быстрого прототипирования в сфере ракетостроения.

Таким образом мы установили, что на этапе проектирования изделий у разработчика возникает ряд трудностей с оценкой конфигурации изделия, его внешнего вида, обеспечения собираемости изделия с комплектующими сборки, оценкой экономических показателей и прочих не столь весомых вопросов.

Ответы на все эти вопросы можно легко получить при наличии прототипа изделия, максимально приближенного к своей CAD версии [2].

Большинство предприятий используют традиционные способы изготовления моделей, которые имеют ряд недостатков, включающих в себя трудоемкость, низкую точность и большую погрешность при серийном изготовлении моделей.

Любое современное предприятие должно использовать технологию быстрого прототипирования, которая подразумевает наличие эффективного оборудования для изготовления моделей и опытных образцов разработки.

Технологии быстрого прототипирования в отличие от классической механообработки имеют одну особенность – это добавление материала. Расходный материал чаще всего подразделяют на: жидкий, твердотельный, листовой и порошкообразный.

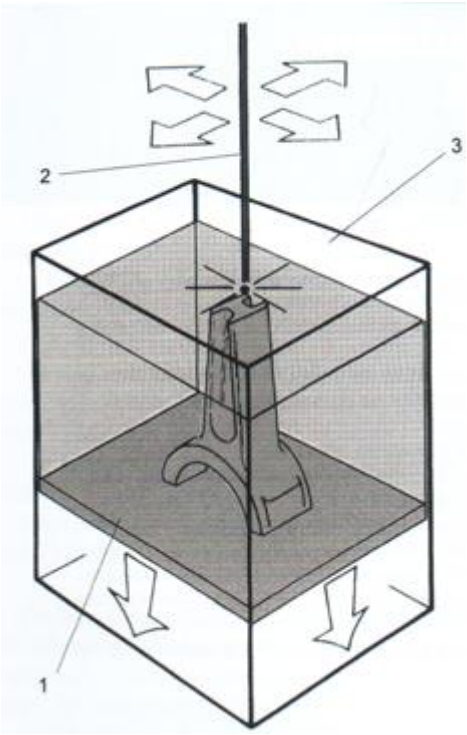
В зависимости от метода использования технологии будет разниться процесс работы с материалом.

В качестве двух сравнительных примеров разберем технологии стереолитографии – StereoLithography(SLA) и лазерного спекания порошков – SelectiveLaserSintering (SLS) [3].

Каждая из современных технологий прототипирования основана на определенном методе создания модели и имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Технология стереолитографии StereoLithography (SLA), представленная на рисунке 1, в основу своего процесса закладывает отвердение жидкого фоточувствительного полимера под действием экспонирования ультрафиолетового излучения. Чаще всего данную технологию применяют для воспроизведения моделей с целью проверки их конструкции и обеспечения её собираемости с элементами сборки.

Принцип получения модели следующий: в ванну с раствором помещается вертикально подвижная платформа, на основание платформы наносится слой фотополимера, по которому работает управляемый компьютером луч лазера. В местах соприкосновения раствора с лазером происходит отверждение расходного материала. По мере работы платформа опускается вниз, тем самым обеспечивая послойное нанесение материала. В процессе воспроизведения модели подобным способом есть огромное количество вариантов нанесения слоев материала. В зависимости от расположения слоев можно варьировать теми или иными характеристиками опытного образца.



1 – Платформа; 2 – Луч лазера; 3 – Ванна с раствором.

Рисунок 1 – Технология стереолитографии StereoLithography (SLA)

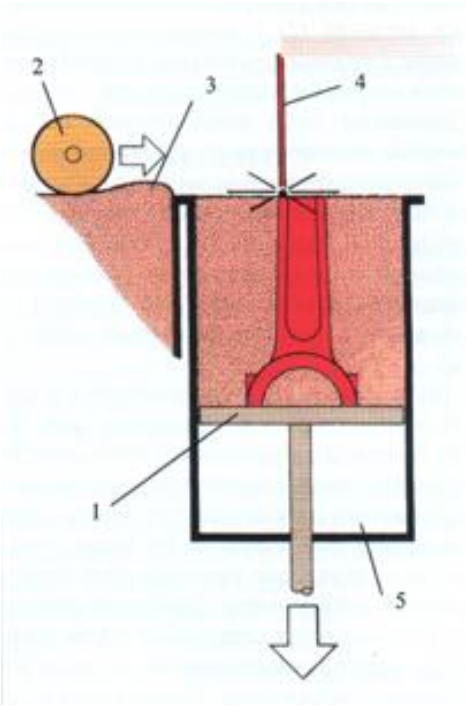
В качестве преимуществ у данного метода можно отметить следующее:

- получение деталей любой сложности;
- исключен человеческий фактор, метод полностью, автоматизирован;
- низкая погрешность;
- все острые кромки заполняются полимером, что снижает вероятность разрушения модели;
- послойное нанесение материала, что обеспечивает контроль конечных параметров изделия.

К недостаткам можно отнести:

- длительный цикл изготовления модели;
- вредный для здоровья способ, ввиду использования токсичных средств при подготовке ванны;
- высокий уровень технического персонала;
- дорогостоящее оборудование.

Технология лазерного спекания – SelectiveLaserSintering(SLS), представленная на рисунке 2, имеет схожий метод создания модели с предыдущей технологией, разница заключается в том, что модель создается не за счет отверждения жидкого расходного материала в ванне, а за счет спекания порошка. В данном методе добавляется каретка с роликом, которая наносит и разравнивает тонкий слой порошка на платформе, который затем спекается лазером.



1 – Платформа; 2 – Каретка с роликом; 3 – Слой порошка; 4 – Луч лазера; 5 –Ванна с раствором.

Рисунок 2 - Технология лазерного спекания – SelectiveLaserSintering(SLS)

К преимуществам данного метода можно отнести следующее:

- большой выбор порошкового материала;

- технология не вредит здоровью;
- полученная модель является монолитной из-за поэтапного спекания слоев;
- модель со временем не имеет больших усадок.

К недостаткам же данного метода следует отнести:

- модель имеет плохо обработанную поверхность;
- наличие пустот с воздухом;
- при замене материала необходимо полностью отчищать камеру.

Таким образом, в ходе исследования данной темы можно сделать определенные выводы. Внедрение технологий быстрого прототипирования сильно скажется на производительности и качестве предприятия. Данные технологии решают сразу ряд определенных проблем и отвечают на многие вопросы, возникающие на первоначальных этапах производства. Целесообразнее и дешевле выйдет проанализировать созданный прототип модели, нежели в дальнейшем корректировать проектируемое изделие.

В работе представлено лишь несколько вариантов технологий, в сущности их огромное множество и каждая из них обладает своими определенными особенностями, преимуществами и недостатками.

Список литературы

1. Труды ИСА РАН: Системное моделирование. Наукометрия и управление наукой. Распознавание образов / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2015. - 104 с.

2. Информационные технологии и вычислительные системы. Вычислительные системы. Компьютерная графика. Распознавание образов. Математическое моделирование / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2015. - 100 с.

3. «Станко-Арена»:[Электронный ресурс]. – Москва. URL:https://stanko-arena.ru/article/tekhnologii-bystrogo-prototipirovaniya-.html (Дата обращения: 27.12.2022).

ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 38ХМЗЮА

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р., Шалимов А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»,

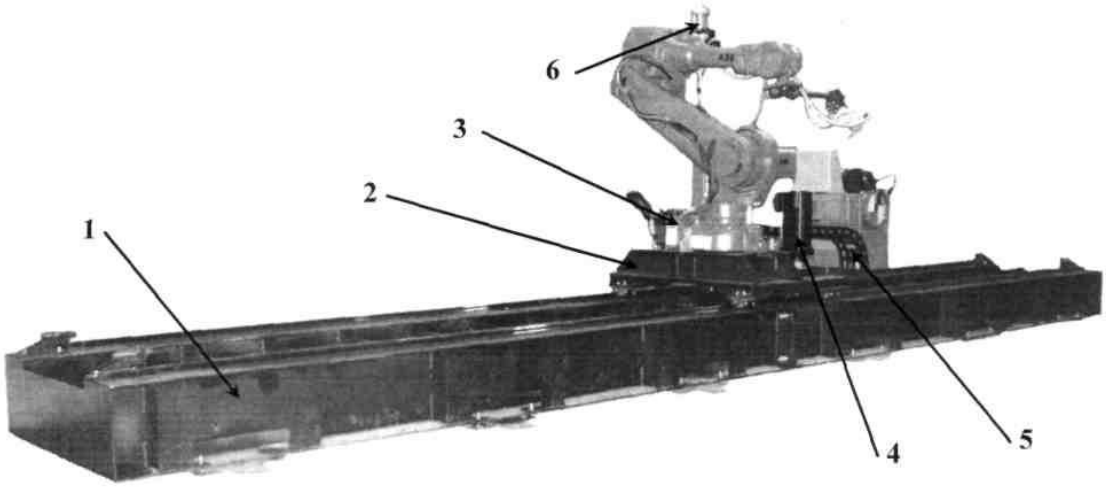
Восстановление деталей обеспечивает экономию материала, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется в 8-12 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей.

Образование и развитие неисправностей в агрегате объясняется действием объективно существенных закономерностей. Неисправности машин появляются в результате постоянного или внезапного снижения физико-механических свойств материала деталей в результате усталости, их истирания, деформирования, смятия, коррозии, старения, перераспределения остаточных напряжений и других причин, вызывающих разрушение деталей.

Восстановить изношенные поверхности можно различными способами. Выбор того или иного способа является многофакторной задачей, зависящей от разных показателей. Решается она с обязательным положительным эффектом большинства факторов. Одним из экономичных способов восстановления является лазерная наплавка. Работы по наплавке детали из стали 38ХН3МА (ГОСТ 4543-71) проводились на специализированном станке ЛК6,0 АББ (рисунок 1) предназначенном для лазерной наплавки поверхностей объёмных деталей по сложному контуру посредством программного обеспечения, позволяющего синхронизировать все элементы комплекса и работать в автоматическом режиме. Станок применяется с оптоволоконным лазером мощностью 2000 Вт с использованием рабочего (аргона) и защитного (сжатого воздуха) газов и подвод-отвод охлаждающей воды для коллиматора и наплавочной головки.

Подача порошковой смеси производится через приспособление, имеющего вид канала с соответствующими участками (корпус, сопло, крышка, трубка порошковая, трубка входная, проушина) в медной водоохлаждаемой головке. Приспособление крепится к корпусу лазерной головки и позволяет задавать требуемый угол наклона сопла, а при его засорении быстрый демонтаж (по резьбе), очистку, либо замену. Порошковая лазерная головка закреплена на роботизированной руке с возможностью перемещаться в разных пространственных положениях.

Отдельные части приспособления состоят из разных материалов: корпус и крышка сопла – из меди; трубка порошковая и трубка входная – из латуни; проушина – из стали 20.



1 – дополнительная координата «X» для перемещения робота вдоль оси вращателя; 2 – вращатель для точного позиционирования деталей и регулируемой частотой вращения; 3 – робот-манипулятор; 4 – многоходовый волоконный лазер; 5 – лоток с кабель-каналом; 6 –дозатор наплавочных смесей

Рисунок 1– Внешний вид роботизированного лазерного комплекса.

Приспособление крепится непосредственно к лазерной головке и предназначено для подвода порошковой смеси в зону наплавки. Кроме того, может обеспечивать строгое направление наплавочной головки, а также служить базой для установки индикатора часового типа для измерения и устранения биения обрабатываемой детали.

Выбор рационального способа и технологических приемов лазерной наплавки определяется необходимостью получения детали с требуемыми размерами и наплавленного слоя с требуемыми свойствами. При этом должна быть обеспечена максимальная производительность и экономичность процесса.

Технологические приемы и режимы лазерной наплавки зависят от формы и размеров изделий и весьма важны для получения надлежащего качества и состава наплавленного слоя. В связи с тем, что в большом числе случаев наплавленный слой необходимо подвергать механической обработке, наплавка лишнего металла нецелесообразна: такой слой обычно имеет высокую твердость, что, либо приведет к чрезмерному износу инструмента при последующей обработке, либо сподвигнет к проведению термической обработке для уменьшения твердости, не говоря уж о дополнительном лишнем времени для проведения непосредственно наплавки и последующих дополнительных обработок. При выборе режима следует стремиться к тому, чтобы припуск на обработку не превышал 1,5-2 мм и после наплавки поверхность была бы достаточно ровной (без значительных наплывов и провалов).

Наплавочный материал выбирался из порошков, применяющихся для нанесения коррозионностойких и износостойких покрытий. Выбор материала для покрытий определяется целью защиты от коррозии и достижения специальных свойств поверхности.

Таблица 1 – Наплавочные порошки

Вид порошка для напыления	**Химсостав, %**						
	Fe	**Cr**	**Ni**	Mn	**Mo**	**Al**	**Другие**
Порошок коррозионностойкой стали ПР-Х17Н12М3, размер частиц 45-106 мкм	**основа**	**17**	**12**	0,8	**2,5**	**<0,6**	C ≤0,1.
Порошок коррозионностойкой стали ПР-20Х13Н2,размер частиц 80-200 мкм	**основа**	13	2,2	0,8	-	-	C=0,2; Si=0,8; C=0,3
Порошок коррозионностойкой стали ПР-30Х13, размер частиц 80-200 мкм	**основа**	13	-	0,8	-	-	C=0,2; Si=0,8; C 0,3.

При наплавке необходимо стремиться к минимальной глубине проплавления основного металла. Это позволяет уменьшить деформацию детали и зону термического влияния, а также снизить вероятность образования трещин в наплавленном металле. Поэтому выбирается минимально допустимая энергия излучения и максимальная скорость вращения детали.

Результаты оптимального режима наплавки представлены в таблице 2.

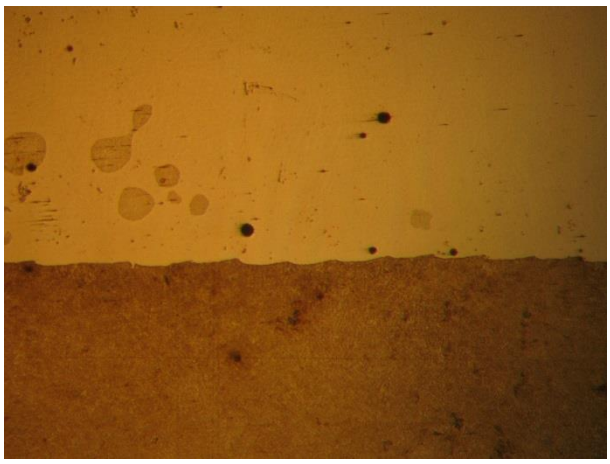
Таблица.2 – Режимы лазерной порошковой наплавки

Мощность лазерного излучения, Вт	Диаметр лазерного излучения, мм	Ширина шага, мм	Скорость наплавки $V_{нп}$, мм/с	Скорость подачи порошка, кг/мин	Расход защитного газа, л/мин
1600	1,6	2	6,28	0,0082	4

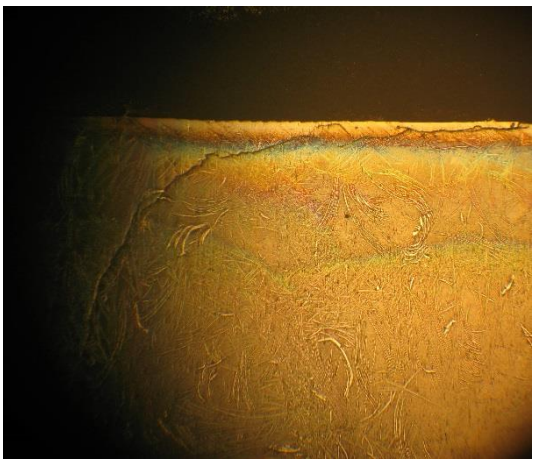
После наплавки образцов проводили их термическую обработку (отпуск) в лабораторной печи LH 30/13. По режимам:

- T=200^{0}C, время выдержки 2 часа;
- T=400^{0}C, время выдержки 2 часа;
- T=600^{0}C, время выдержки 2 часа.

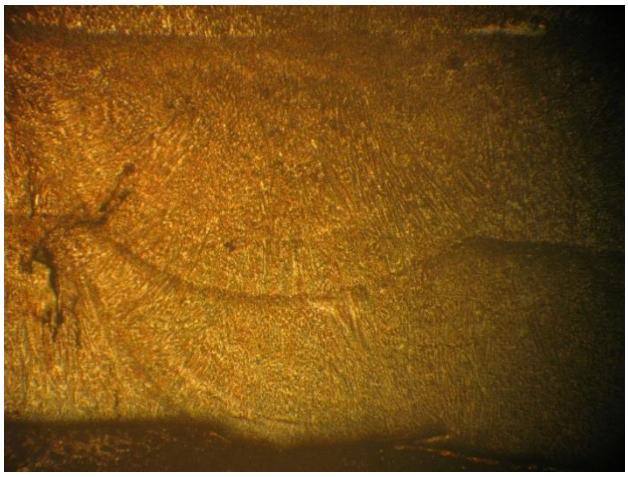
Анализ микроструктуры проводился на металлографическом микроскопе АЛЬТАМИ МЕТ-3.



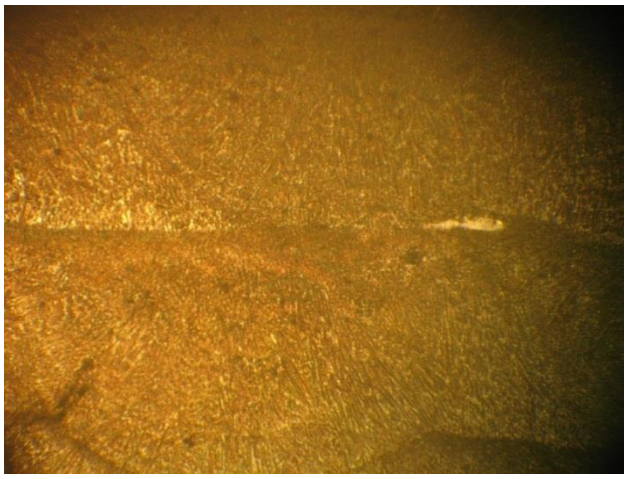
а)
Твердость 48-50 HRC, ×640



б)
Твердость 40-42 HRC, ×640



в)
Твердость 34-36 HRC, ×640



г)
Твердость 30-32 HRC, ×640

Рисунок 2.5 – Микроструктура образца после наплавки а) (режим наплавки Р=1600 Квт, материал наплавки **ПР-20Х13Н2**) и отпусков: б) 200 °С, в) 400 °С; г) 600 °С

Анализ структуры показал, что лазерная наплавка положительно влияет на сварочный шов, так как обеспечивает более стабильное его формирование. По микроструктуре видно, что применяемые режимы лазерной наплавки, так же положительно повлияли на формирование наплавочного слоя, так как деформации и зона термического влияния минимальны и отсутствуют такие виды дефектов как: трещины, поры, занижение по высоте, трещины после механической обработки.

Приведенные результаты измерения твердости показали, что твердость наплавленного слоя соответствуют упрочненному структурному состоянию и не вызывает сложностей при механической обработке.

НАКЛАДКИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК

Гаврилов А.А., канд. техн. наук, Тагирова Г.К.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При восстановлении строительного подъема подкрановых балок используются различные накладки на нижний пояс. Например, накладка [1] состоит из двух вертикальных косынок трапецеидальной формы и нижнего гнутого листа, края которого представляют крепежные площадки с отверстиями под электрозаклепки, а средняя часть имеет боковой контур в виде соединенных боковых сторон и малого основания трапеции. Недостатками данной накладки являются малое снижение амплитуды и недостаточное уменьшение времени затухания колебаний балки, которые обеспечиваются только за счет увеличения массы и момента сопротивления балки.

Взамен существующей накладки может быть применена накладка усовершенствованной конструкции (рисунок 1) [2]. Данная накладка состоит из нижнего гнутого листа 1, изогнутого в виде части трапеции с отогнутыми краями, которые образуют находящиеся в одной плоскости две крепежные площадки 2 для соединения накладки с нижним поясом 3 ремонтируемой балки. В крепежных площадках 2 в шахматном порядке расположены подготовленные отверстия 4 под электрозаклепки.

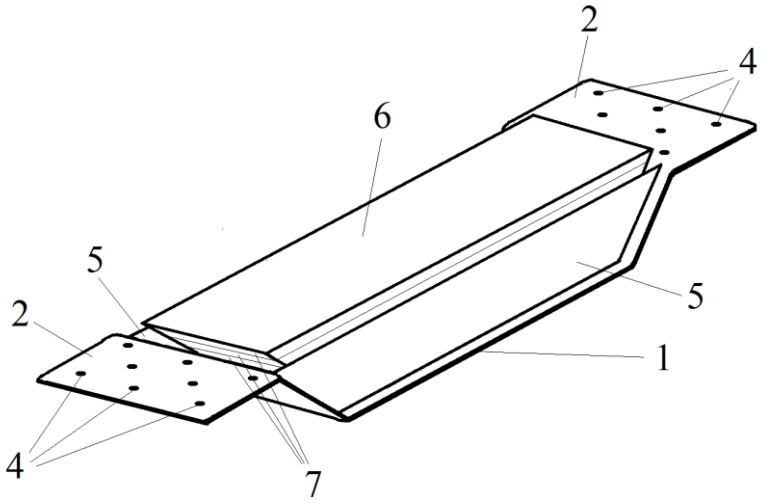
К нижнему гнутому листу 1 по контуру прилегания, на расстоянии друг от друга, равном ширине нижнего пояса 3 ремонтируемой балки приварены две вертикальные косынки 5, трапецеидальная форма которых соответствует боковому профилю нижнего гнутого листа 1. Между вертикальными косынками 5 установлена вставка 6 из горизонтальных резиновых пластин 7.

Для исключения смещения горизонтальных резиновых пластин 7 вставки 6 относительно друг друга они соединены между собой в областях своих центров симметрии, например, склеены друг с другом. В целях исключения смещения вставки 6 относительно нижнего гнутого листа 1 вставка 6 прикреплена к нижнему гнутому листу 1 в области центра симметрии нижней горизонтальной резиновой пластины 7, например, приклеена к нему.

В процессе эксплуатации балки, усиленной накладкой для ремонта балки металлоконструкции, деформированная вставка будет способствовать диссипации энергии вертикальных колебаний балки.

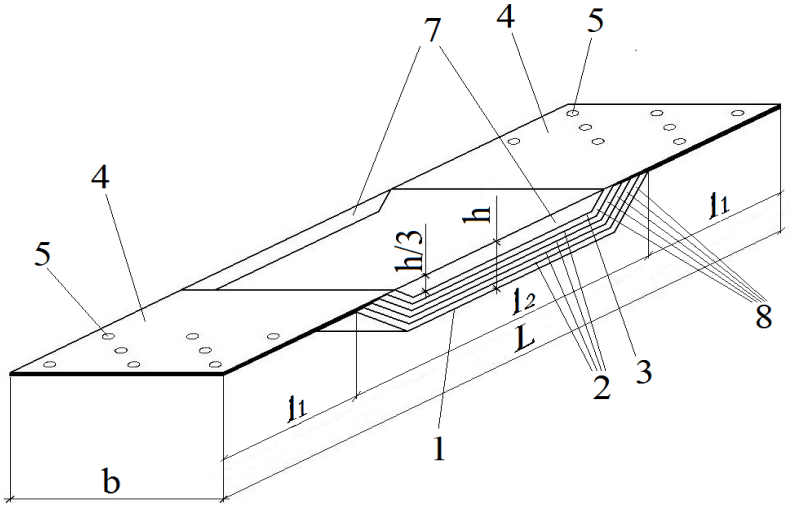
В случае повышенных требований к прочностной надежности усиливаемой балки можно использовать накладку, состоящую из пакета гнутых листов (рисунок 2). Применение пакета гнутых листов обусловлено тем, что вследствие использования только одного нижнего гнутого листа, в нем возможны дефекты металла, приводящие к разрушению листа в процессе эксплуатации балки, усиленной накладкой.

Предлагаемая накладка состоит из нижнего гнутого листа 1, средних гнутых листов 2 и верхнего гнутого листа 3. Все листы изогнуты в виде части трапеции с отогнутыми краями, которые образуют находящиеся в одной плоскости две крепежные площадки 4 для соединения гнутых листов между собой и крепления к ремонтируемой балке. В крепежных площадках 4 в шахматном порядке расположены подготовленные отверстия 5 под электрозаклепки, с помощью которых накладка для ремонта балки металлоконструкции крепится к нижнему поясу 6 ремонтируемой балки.



1 - нижний гнутый лист, 2 - крепежная площадка, 3 - нижний пояс балки, 4 - отверстие под электрозаклепку, 5 - вертикальная косынка, 6 - вставка, 7 - резиновая пластина

Рисунок 1 – Конструкция накладки с вставкой из резиновых пластин



1 - нижний гнутый лист, 2 - средний гнутый лист, 3 - верхний гнутый лист, 4 - крепежная площадка, 5 - отверстие под электрозаклепку, 6 - нижний пояс балки, 7 - вертикальная косынка, 8 - резиновая пластина

Рисунок 2 – Конструкция накладки из пакета гнутых листов

К верхнему гнутому листу 3 по контуру прилегания, на расстоянии друг от друга, равном ширине нижнего пояса 6 ремонтируемой балки приварены две вертикальные косынки 7, трапецеидальная форма которых соответствует боковому профилю верхнего гнутого листа 3. Между средними частями всех гнутых листов, включая нижний гнутый лист 1, средние гнутые листы 2 и верхний гнутый лист 3, установлены резиновые пластины 8.

Суммарная толщина гнутых листов должна быть не меньше толщины нижнего пояса 6 ремонтируемой балки. Толщину гнутого листа a рекомендуется принимать не менее 3 мм.

Ширина накладки bравна ширине нижнего пояса 6ремонтируемой балки. Высота накладки для ремонта балки металлоконструкции h определяется из расчета того, чтобы момент сопротивления сечения балки, усиленной накладкой, увеличился в 1,4…1,6 раза по сравнению с моментом сопротивления сечения балки до прикрепления накладки. Такая величина высоты накладки определена известным конструктивным коэффициентом безопасности для сварных конструкций. Для обеспечения необходимой жесткости высоту вертикальных косынок7 принимают равной $h/3$.

Длина крепежной площадки 4 нижнего гнутого листа 1 l_1выбирается из условия необходимости расположения на ней в шахматном порядке отверстий 5 под электрозаклепки с расстояниями между их центрами 100…200мм.

Общая длина накладки для ремонта балки металлоконструкции L выбирается в зависимости от длины дефектного участка l_2ремонтируемой балки ($L = l_2 + 2 \cdot l_1$).

Таким образом, в процессе эксплуатации накладка из пакета гнутых листов позволяет увеличить прочностную надежность усиленной балки и демпфирование вибраций.

Список литературы

1. Пат. 147876 РФ. Накладка для ремонта балки металлоконструкции [Электронный ресурс] / Авдонин А. М. [и др.]; патентообладатель ОАО "Уральская сталь". - Заявл. 22.07.2014, опубл. 20.11.2014, Бюл. № 32. - 2014.

2. Пат. №184058 РФ. Накладка для ремонта балки металлоконструкции [Электронный ресурс] / Морозов Н.А., Гарипов В.С., Гаврилов А.А., Пояркова Е.В.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Заявл. 29.12.2017 – Опубл. 12.10.18, Бюл.№29

3. Пат. №182490 РФ. Накладка для ремонта балки металлоконструкции / Морозов Н.А., Гаврилов А.А., Пояркова Е.В., Авдонин А.М.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Заявл. 23.11.2017 – Опубл. 21.08.18, Бюл.№24

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ И ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗНАКОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ

Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При распознавании образов (объектов, процессов, ситуаций) решаются задачи определения их характеристик (признаков) на базе полученных первичных данных и установления соответствия предъявленных образов к тем или иным классам из числа классов заранее заданного алфавита. Это необходимо потребителям информации о распознавании для оптимизации вариантов своих действий. В качестве таких потребителей могут выступать автоматизированные информационно-управляющие системы (АИУС) современных предприятий, где для повышения эффективности управления целесообразно осуществлять своевременное и достоверное автоматическое распознавание производственных ситуаций [1].

При проектировании сложных технических систем, в том числе систем автоматического распознавания (САР), все чаще используются методы имитационного моделирования. Поэтому, в ходе исследований по синтезу САР производственных ситуаций при функционировании АИУС на объектах промышленного производства проведен имитационный эксперимент, отдельные результаты которого были приведены в работе [2].

Цель настоящей статьи – анализ результатов имитационного эксперимента по оценке влияния помех и погрешностей измерения признаков на достоверность распознавания ситуаций в АИУС.

Имитационное моделирование процесса распознавания ситуаций в АИУС осуществлялось для проведения сравнительной оценки эффективности (достоверности распознавания) при использовании следующих алгоритмов:

– индивидуального алгоритма (ИА) распознавания, когда каждый фрагмент ситуации идентифицируется как отдельный одиночный элемент;

– двух версий алгоритмов распознавания с контекстом (АРК), когда при индивидуальной идентификации каждого фрагмента ситуации учитываются результаты (контекст) распознавания других ее элементов;

– составного граф-схемного алгоритма (СГСА) распознавания, когда дополнительно к основному словарю признаков элементов ситуаций по составному правилу Байеса и в соответствие с особой граф-схемной процедурой учитывается объективная взаимообусловленность их состава.

В качестве показателя эффективности алгоритмов использовались относительные оценки $\Delta\lambda$, полученные при анализе экспериментальных

зависимостей средней вероятности ошибки λ_{cp} от точности измерения признаков при работе исследуемых алгоритмов распознавания.

В ходе имитационного моделирования при реализации ИА распознавания производственных ситуаций применялся алгоритм обобщенного голосования [3, 4], для которого решение о номере класса $i \in \{1,\ldots, M\}$ каждого элемента ситуации принимается из условия

$$i = \arg\max_i \left\{ \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log P(A_i) \right\}, \qquad (1)$$

где M – количество классов в алфавите $\{A_i\}$;

A_i – условное наименование класса с номером i;

T – количество признаков в словаре $\{1,\ldots, t,\ldots, T\}$;

δ_{tq} – бинарная переменная, которая фиксирует факт наличия полученного значения признака t в градации $q \in \{1,\ldots, Q_t\}$ при гистограммном способе описания плотностей распределения значений всех Tпризнаков распознавания;

λ_{iqt}– статистика, соответствующая условной вероятности нахождения значения t-го признака для i-го класса объекта в q-й градации при условии гистограммного описания законов распределения признаков;

$P(A_i)$ – априорные вероятности классов.

В ходе имитационного эксперимента с реализацией АРК исследовались две версии решающих правил, условно обозначенные аббревиатурами АРК1 и АРК2 [2, 5].

Решающее правило АРК1

$$i(j) = \arg\max_i \left\{ \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log P\left(A_{i^*} / (A_i)_{j_\Gamma}\right) \right\} \qquad (2)$$

предполагает использование в качестве контекста $P(A_{i^*}/(A_i)_{j\Gamma})$ того, что элемент ситуации, располагающийся в пространственном, временном или ином представлении на j_Γ-м месте, предварительно распознан с определенной пороговой степенью доверия $h_{пор}$, то есть гарантированно.

Правило принятия решений АРК2

$$i(j) = \arg\max_i \left\{ \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log\left(P(A_{i^*} / (A_i)_{j_m}) \cdot h_m\right) \right\} \qquad (3)$$

предполагает использование в качестве контекста условной вероятности $P(A_{i^*}/(A_i)_{jm}) \cdot h_m$ того, что элемент, располагающийся на j_m-м месте, предварительно распознан со степенью доверия $h_m \geq h_{пор}$.

В ходе имитационного эксперимента реализация СГСА распознавания наиболее вероятной ситуации $r = i(j)$ осуществлялась с использованием решающего правила [1]

$$i(j) = \arg\max_r \left\{ \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{M} \delta_{ijr} \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log P(r) \right\}, \qquad (4)$$

где $i(j)$ – номер класса элемента ситуации из N элементов, располагающегося на j-м месте;

δ_{ijr} – бинарная переменная, определяющая наличие i-го класса элемента ситуации на j-м месте в r-м варианте ее состава;

$P(r)$ – априорная вероятность возникновения ситуации r-го вида.

Корректность имитационного эксперимента обеспечивалась применением для всех исследуемых алгоритмов единого словаря признаков. Кроме того, одинаковыми принимались априорные вероятности $P(A_i)$.

В ходе моделирования распознавания ситуаций осуществлялась имитация помех и устанавливались ограничения измерителя по точности. Для этого измерение значений всех признаков (параметров процессов) в АИУС осуществляется со среднеквадратической ошибкой (СКО):

– $\sigma_{АИУС-1}$ – высокая точность;

– $\sigma_{АИУС-2}$ – средняя точность;

– $\sigma_{АИУС-3}$ – низкая точность.

Экспериментально полученные зависимости $\lambda_{ср}(\sigma)$ для всех исследуемых алгоритмов принятия решений после аппроксимации по методу наименьших квадратов представлены на рисунке 1.

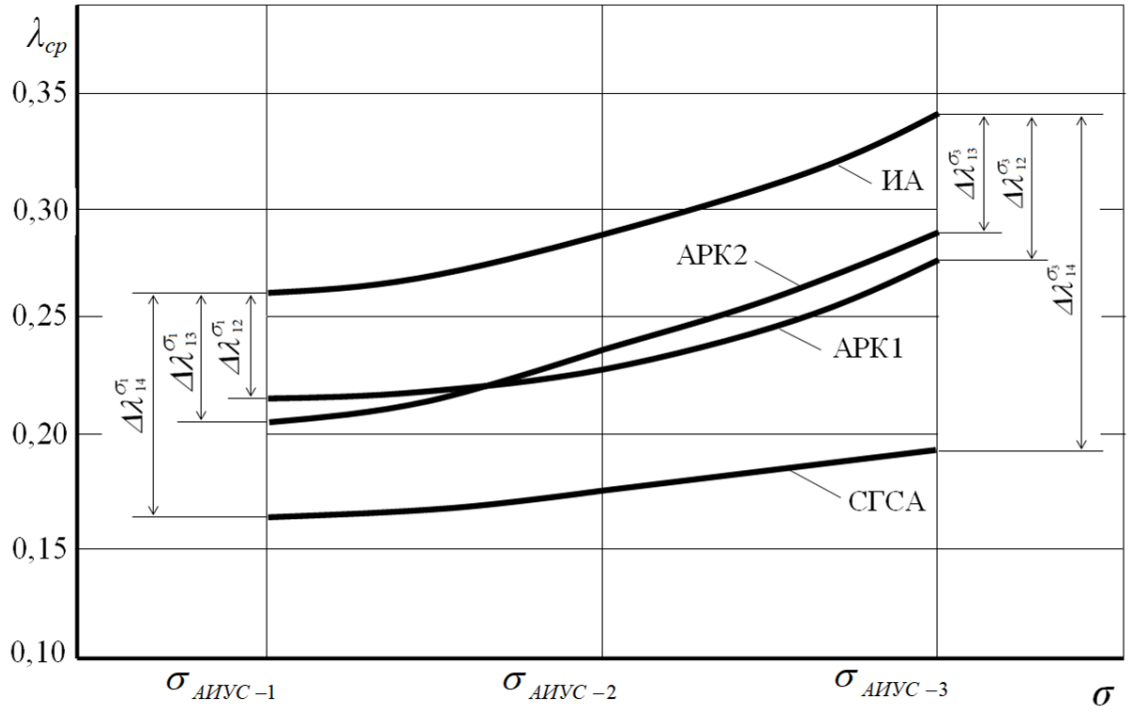


Рисунок 1 – Зависимости $\lambda_{ср}(\sigma)$ для исследуемых алгоритмов принятия решений при распознавании ситуаций в АИУС

Анализ результатов имитационного моделирования и кривых $\lambda_{ср}(\sigma)$, приведенных на рисунке 1, для случаев измерения значений признаков с высокой, средней и низкой точностью позволяет определить относительно ИА оценки средних вероятностей ошибок распознавания обеспечиваемые работой:

– АРК1 – $\Delta\lambda_{12}^{\sigma_1}$, $\Delta\lambda_{12}^{\sigma_2}$, $\Delta\lambda_{12}^{\sigma_3}$;

– АРК2 – $\Delta\lambda_{13}^{\sigma_1}$, $\Delta\lambda_{13}^{\sigma_2}$, $\Delta\lambda_{13}^{\sigma_3}$;

– СГСА – $\Delta\lambda_{14}^{\sigma_1}$, $\Delta\lambda_{14}^{\sigma_2}$, $\Delta\lambda_{14}^{\sigma_3}$.

Здесь верхний индекс σ_1, σ_2 и σ_3 обозначает этапы прогона имитационной модели с реализацией, соответственно, высокой, средней и низкой точности работы измерителя значений признаков. Первая цифра нижнего индекса обозначает использование формулы (1), то есть ИА, результаты работы которого в модели выступают в качестве базового абсолютного значения ошибки при расчете прироста достоверности распознавания с использованием других алгоритмов. Вторая цифра нижнего индекса обозначает использование формул (2), (3) и (4), то есть, соответственно, АРК1, АРК2 и СГСА.

Таким образом, например, величина $\Delta\lambda_{14}^{\sigma_1}$ обозначает относительную результату работы ИА оценку средней вероятности ошибки распознавания, обеспечиваемую использованием СГСА при высокой точности измерения значений признаков и/или низкого уровня (отсутствия) помех.

Для исключения загромождения рисунка 1 относительные оценки $\Delta\lambda_{12}^{\sigma_2}$, $\Delta\lambda_{13}^{\sigma_2}$ и $\Delta\lambda_{14}^{\sigma_2}$ не показаны.

Анализ результатов моделирования показывает, что при использовании АРК и СГСА имеет место прирост эффективности распознавания ситуаций относительно эффективности работы традиционного индивидуального алгоритма принятия решений. Причем относительные оценки средних вероятностей ошибок $\Delta\lambda$ свидетельствуют о меньшей чувствительности АРК и, особенно, СГСА к росту влияния помех и/или снижению точностных характеристик измерителей значений признаков распознавания. Это хорошо согласуется с теоретическими положениями, изложенными в работах [1, 5], где показана сущность выигрыша в достоверности распознавания ситуаций при использовании этих алгоритмов принятия решений.

Результаты проведенного имитационного эксперимента представляют научно-практическую ценность, так как могут быть использованы в различных прикладных сферах в ходе разработки систем машинного распознавания ситуаций. В свою очередь компьютерная программа имитационной модели может стать частью программного обеспечения тренажерных устройств, используемых для обучения (тренировки) персонала соответствующих. Это определяет научно-методическую значимость результатов, рассмотренной в данной работе исследовательской имитационной модели.

Список литературы

1. 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.

2. 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.

3. Горелик, А.Л. Селекция и распознавание на основе локационной ин-формации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн. – Москва: Радио и связь, 1990. – 240 с.

4. Трипкош, В.А. Алгоритмы принятия решений для комбинированных систем автоматического распознавания образов / В.А. Трипкош, С.С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 23–25 января 2020 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 741-745.

5. 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.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВЫХ СИСТЕМ СБОРА ГАЗА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ульянова Т.С., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На сегодняшний момент времени интенсивное развитие современной промышленности и, в частности, газовой отрасли основывается на повышении эффективности разработки газовых месторождений. Подобная эффективность использования месторождений невозможна без:

– подробного анализа внутри- и межсистемных взаимодействий газовой инфраструктуры;

– оценки взаимного влияния разнообразных факторов, которые оказывают системное воздействие на газовую инфраструктуру;

– выявления ключевых показателей, их контроль и мониторинг на всем протяжении производства работ по добыче и транспортировке газа;

– интеллектуального поиска оптимальных решений для газопроводных систем с учетом всех выявленных факторов и параметров [1].

Выработка месторождений промыслового газа очень важна для всей топливно-энергетической системы. В процессе добычи газ, добываемый из газоносных скважин, поступает в специализированные системы сбора и подготовки газа, типология которых достаточно сложна и напрямую зависит от целого ряда факторов, среди которых особое место занимает проект обустройств месторождения [2].

Применяемые в настоящее время системы сбора и подготовки газа, извлекаемого из месторождений в известной степени сложны и представляют собой своеобразный синтез природных геологических формаций и ряда специализированного промышленного оборудования, которое, в свою очередь, может быть подразделено на различные сложные элементы. Актуальные системы сбора и очистки газа различаются по своему назначению, сложности, решаемым задачам и конфигурации в зависимости от ряда взаимоувязанных показателей, включая особенности производства, рельеф местности, климатические условия [3].

Все сказанное предопределяет применение в современных системах сбора и добычи газа как разнообразных механических устройств, обеспечивающих непосредственную выкачку газа из пластов, но также различные программные продукты и пакеты, которые позволяют организовать работу специализированных единиц оборудования, которое имеет применение на газовых месторождениях.

Все системы сбора и подготовки газа, используемые в настоящее время на газовых месторождениях, представляют собой сложнейший комплекс

технических устройств в их взаимодействии с разнообразными природными образованиями, которые может решать задачи в изменяющихся условиях окружающей среды [4].

Пример подобного комплекса – скважина газовой добычи, приведенная на рисунке 1.

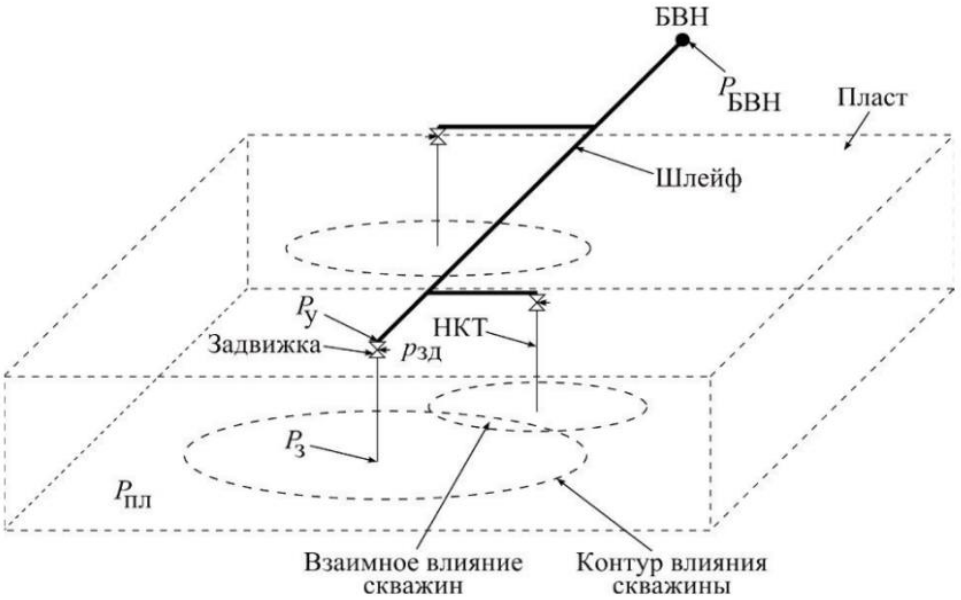


Рисунок 1 – Система сбора газа совместно с трубами насосной компрессии [5]

На рисунке 1 отображены все основные компоненты газосборной системы, в том числе задвижки, шлейф и БНВ в разрезе газоносного пласта; указаны, также строго определенные контуры взаимного пересечения скважин, которые могут, пересекаясь, образовывать взаимное влияние, и регулирование которых должно осуществляться комплексно, во избегании избыточного или недостаточного управляющего вмешательства.

Сильная разветвленность газодобывающей инфраструктуры, представленной газотранспортными магистралями, коллекторами, специализированным оборудованием и прочими объектами предопределяет разделение всей системы на ряд участков. На каждом из подобных участков организованны промежуточные пункты для сбора газа. Роль таких пунктов, как правило, выполняют газовые коллекторы, которые отлично зарекомендовали себя как для постоянного хранения газа, так и для оперативного его запаса или же использования пустующих емкостей в технических целях [6].

Добываемый газ сначала заполняет коллекторы на определенную величину, а затем отправляется уже на основной пункт сбора газа, для его дальнейшей обработки или реализации потребителю.

Коллектор в составе современных систем сбора газа является ключевым звеном подобной системы. Однако существуют коллекторные системы

различных конфигураций, среди который наибольшее распространение получили коллекторно-лучевые системы. Подобные системы представляют собой комплекс в составе нескольких коллекторов и системы связующих трубопроводов, которые лучами сходятся к таким коллекторам.

Все коллекторно-лучевые системы заметно различаются между собой, однако в обязательном порядке имеют в своем составе:

– скважины;
– шлейфы;
– блок входных нитей;
– коллекторы;
– коллекторный трубопровод;
– центральный сборный пункт.

Общий вид описанной коллекторно-лучевой системы приведен на рисунке 2.

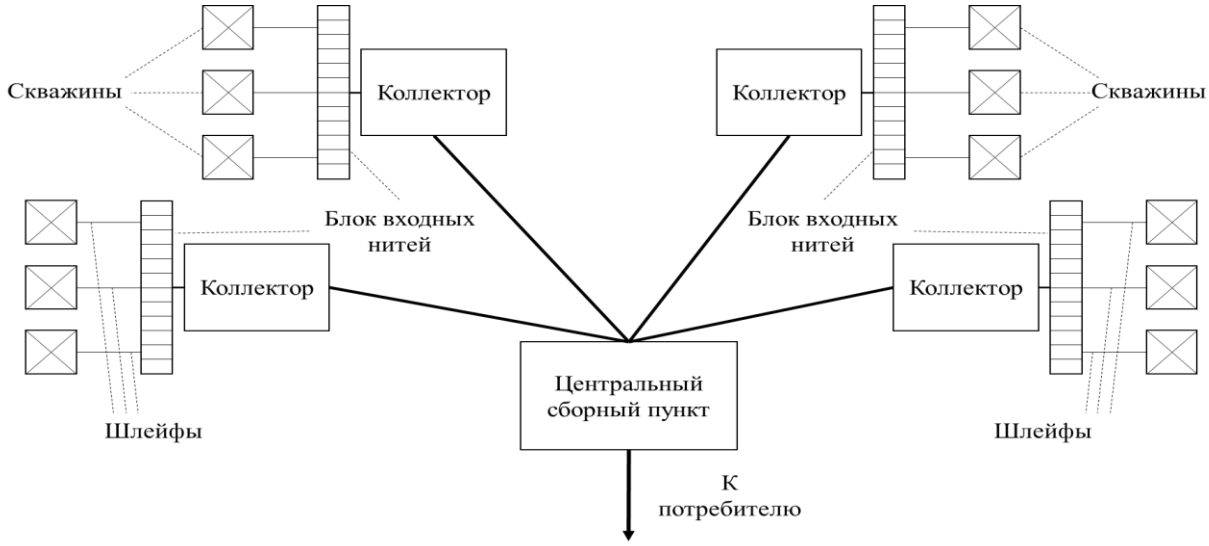


Рисунок 2 – Общий вид коллекторно-лучевой системы

На рисунке 2 указаны только основные объекты, обеспечивающие работу коллекторно-лучевой системы. Однако для ее полноценного и оптимального функционирования необходимо применение специального информационного оборудования и программного обеспечения, которое позволяет выполнять сбор данных, их обработку, анализ и принятие решение по полученным результатам анализа. Это необходимо для формирования определенных управленческих решений, которые позволят производить процесс добычи газа более эффективно.

Таким образом, в работе приведен общий вид систем сбора газа и доказано, что наиболее актуальным, в настоящее время является применение коллекторно-лучевых систем, принцип работы которой также отображен. Помимо этого, показана важность применения различных устройств и

программ, обеспечивающих принятие важных управленческих решений в процессе сбора и транспортировки газа.

Список литературы

1. Ульянова, Т. С. Методика проведения пусконаладочных работ на газовых хранилищах / Т. С. Ульянова, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23–25 января 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019.

2. Кусов, Г. В. Влияние систем автоматизации и контроля на надежность функционирования систем сбора, подготовки и транспорта газа / Г. В. Кусов, О. В. Савенок // Актуальные проблемы науки XXI века (Москва, 31 мая 2016 г.). – Москва: Cognitio, 2016. – С. 45-48.

3. Акимов, С. С. Процесс управления и контроля работы участков газопровода / С. С. Акимов, Б. К. Жумашева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23–25 января 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 672-675.

4. Ульянова, Т. С. Система поддержки принятия решения пусконаладочных работ на газовых хранилищах / Т. С. Ульянова, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 23–25 января 2020 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 752-755.

5. Ульянова, Т. С. Обзор подходов к организации систем сбора информации о продукции газовых и газоконденсатных месторождений / Т. С. Ульянова, С. С. Акимов, А. С. Боровский // Инновации. – 2021. – № 8(274). – С. 38-48.

6. Ульянова, Т. С. Классификация систем промыслового сбора извлекаемого газа / Т. С. Ульянова, А. С. Боровский, С. С. Акимов, Е. М. Езерская // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : Сборник материалов X Всероссийской конференции, Оренбург, 18–19 ноября 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 224-228.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ХРАНЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ

Фаткуллин В.И., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современные автоматизированные системы управления выполняют ряд критически-важных функций нефтегазоперерабатывающих предприятий. Данными функциями являются измерение, отображение и регистрация параметров выполнения технологических процессов. Помимо этого, данные системы позволяют производить автоматизированное регулирование и управление оборудованием с передачей информации оператору. Именно от эффективности и качества работы данных систем напрямую зависят экономические показатели и безопасность функционирования нефтегазовых предприятий.

Одной из наиболее важных систем, используемой на современных предприятиях является «АСУ ТП нефтеперекачивающей станции (АСУ ТП НПС)». Данная система может интегрироваться с рядом систем автоматики и телемеханики. При этом основными функциями при эксплуатации АСУ ТП НПС являются централизованный контроль технологическими процессами, управление, защита релейной части, изменение режима работы станции, автоматическое поддержание режима работы и ряд иных задач [1].

На сегодняшний день наблюдается ключевая проблема использования данной системы, связанная с отставанием этого решения от технологического прогресса. Значительная часть АСУ ТП НПС функционирует на предприятиях уже более 10 лет, а в некоторых случаев выполняет свои функции с девяностых годов прошлого века. Используемое устаревшее оборудование является не способным обеспечить полный и качественный контроль параметров. Также ключевой проблемой использования данных систем является невозможность производить обработку большого количества данных, что особенно актуально в рамках развития и увеличения количества технологических объектов на современных предприятиях. Совокупность данных факторов и статистическая информация свидетельствует о необходимости модернизации существующих или создания инновационных автоматизированных систем [2].

На рисунке 1 представлен свод ключевых недостатков и проблем эксплуатации автоматизированной системы управления технологическими процессами нефтеперекачивающей станции.

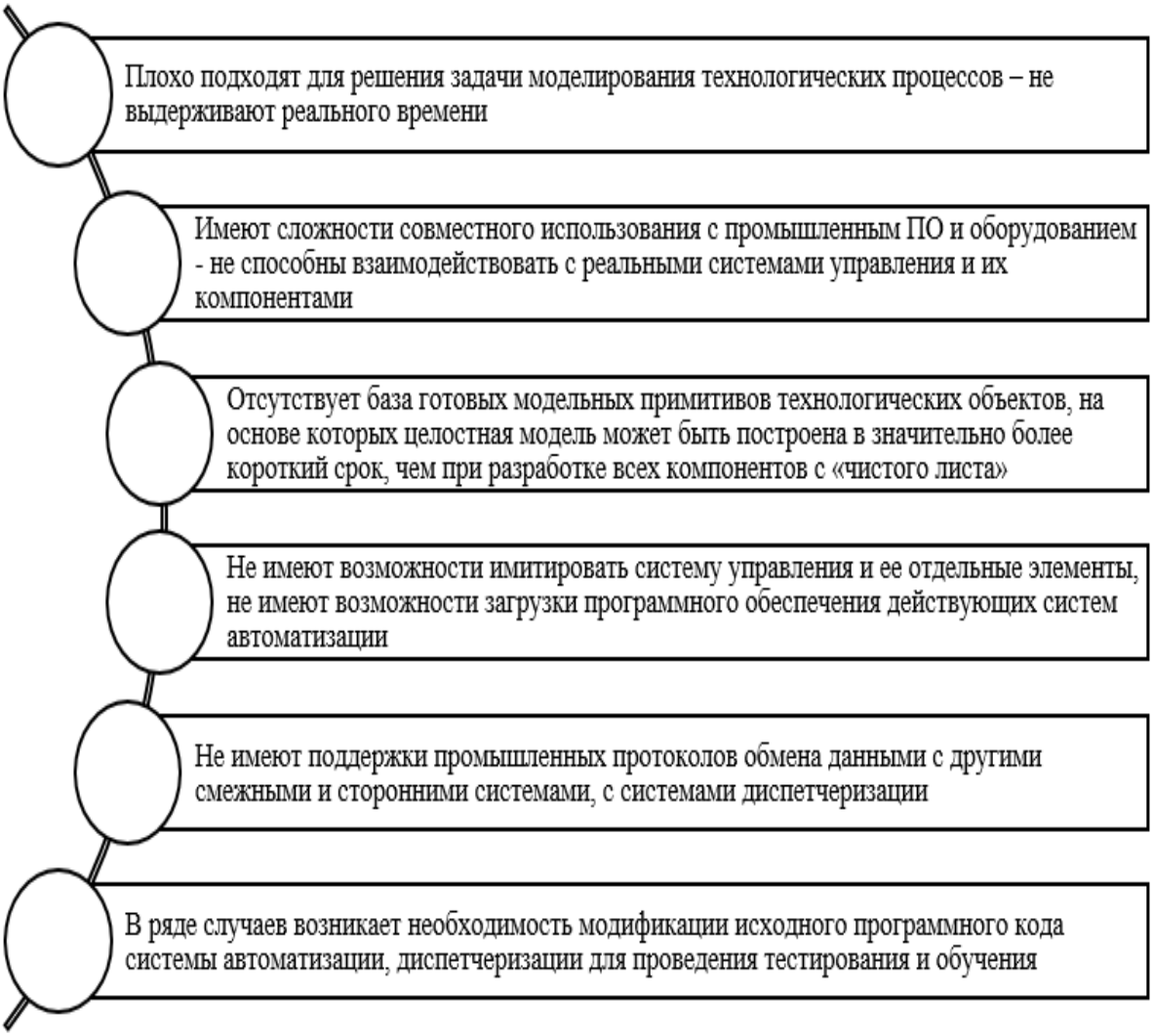


Рисунок 1 - Недостатки существующих систем АСУ ТП НПС

В результате данных недостатков значительно снижается надежность управления и контроля технологических процессов нефтеперекачивающих станций. Именно это приводит к отказам и авариям, имеющим тяжелые последствия для предприятия. При этом основной проблемой является невозможность интеграции в систему новых цифровых технологий для унификации и повышения надежности управления [3].

Решением данных проблем является создание инновационной системы, позволяющей имитировать технологические процессы в режиме реального времени и прогнозирования состояния. Данные решения могут быть выполнены на основе использования технологии цифровых двойников и интеллектуальных методов анализа данных. Современные интеллектуальные технологии, интегрированные в системы управления технологическими процессами, представляют возможность быстрой и эффективной обработки информации для принятия соответствующих мер реагирования [4].

Автоматизированная система, основанная на работе интеллектуальных технологий, представляет колоссальную актуальность при использовании на нефтегазовых предприятиях. При этом пути реализации данной задачи могут сводиться не только к полной замене существующих систем, но и их модернизации. Данные модули могут интегрироваться в базу существующих систем, что значительно снизит экономические затраты при реализации программы совершенствования технологической базы предприятий.

Также важно отметить, что одним из актуальных направлений совершенствования рассматриваемых систем является разработка модуля, отвечающего за формирование сводной информации относительно работы технологического объекта. Наглядная информация, расчеты и графики, сформированные системы могут дать полный свод информации оператору для принятия соответствующих решений по регулированию работы нефтеперекачивающей станции. При этом быстрое построение и формирование данного рода информации может быть обеспечено в результате использования интеллектуальных технологий, позволяющих обрабатывать большие массивы информации в течение нескольких секунд [5].

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа относительно ключевых проблем и способов их решения по системе АСУ ТП нефтеперекачивающих станций. В результате работы рассмотрена актуальность использования автоматизированных систем управления в нефтегазовой отрасли, основные недостатки используемых на современном этапе систем АСУ ТП НПС, а также выделены основные рекомендации и пути совершенствования данных инструментов. В заключение необходимо отметить, что полная автоматизация технологических процессов нефтегазовой отрасли на основе интеграции инновационных систем и модулей позволит значительно повысить экономическую и производственную эффективность функционирования современных предприятий. Исходя из этого, описанные в рамках работы аспекты имеют значительную значимость и актуальность для современных нефтегазовых предприятий.

Список литературы

1. Кравцов, А.С. Автоматизация технологических процессов в нефтегазовом производстве / А. С. Кравцов, В. А. Седельникова, К. А. Чижов [и др.] // Московский экономический журнал. – 2021. – № 9. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10574. – EDN XXHTGK.

2. Агафонов, Е. Д. Современные тенденции информатизации и автоматизации нефтегазовой отрасли / Е. Д. Агафонов, Г. В. Ващенко // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – Т. 9. – № 8. – С. 1340-1348. – DOI 10.17516/1999-494X-2016-9-8-1340-1348. – EDN XDYKOZ.

3. Мизенко, Д. А. Современное состояние нефтегазового сектора в мире и его место во внешнеэкономической деятельности / Д. А. Мизенко // StudNet. – 2021. – Т. 4. – № 7. – С. 65. – EDN KZOIKC.

4. Боталов, Д. В. Методология проектирования специального программного обеспечения АСУ ТП с применением интегрированных сред моделирования / Д. В. Боталов, П. Ю. Сокольчик // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2019. – № 2. – С. 48-57. – DOI 10.15593/2224-9400/2019.2.04. – EDN BYSBOE.

5. Аверкин, П. А. Технологические инновации и занятость в нефтегазовой отрасли / П. А. Аверкин // ЭКО. – 2021. – № 11(569). – С. 119-138. – DOI 10.30680/ECO0131-7652-2021-11-119-138. – EDN NIOONN.

КОМПОНОВКА ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОПРОСЕ НАДЕЖНОСТИ

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

При создании нового летательного аппарата (ЛА), после того как определены его основные параметры, масса и состав размещенных внутри корпуса агрегатов, грузов и блоков аппаратуры, переходят к этапу компоновке ЛА. Компоновка и конструктивно-массовые параметры определяют его облик. Этап разработки компоновки так же, как и все стадии проектирования ЛА выполняются методом итераций, т.е. последовательными приближениями решения задачи, переходя от упрощённого начального варианта к более точным вариантам, отвечающим определенным критериям качества. Рассмотрим конструктивную компоновку, которая характеризуется конструктивно-силовой схемой и техническими решениями, выбор которых происходит окончательно на этапе проектирования конструкции ЛА. Конструктивная компоновка приводит к членению конструкции на отдельные отсеки и агрегаты, выбору типа и расположению силовых элементов конструкции и их соединений, которые обеспечивают стыковку и расстыковку отдельных агрегатов и отсеков с учетом действующих нагрузок на ЛА, а также конструктивно-технологических и эксплуатационных компоновочных требований. Надежность конструкции отсека ЛА зависит от величины надежности элементов, образующих отсек, от метода соединения элементов в отсеке (последовательное, параллельное, смешанное), от зависимости элементов между собой в смысле надежности, от предельных состояний в которых может находиться отсек [1, 4].

Чтобы понять, как соединены элементы в отсеке, следует пользоваться правилами, изложенными для элементов аппаратуры. Эти же правила действуют и для элементов конструкции. Например, в авиационных конструкциях не допускаются поломки ни одного из стрингеров (так при конструировании предполагается) и с поломкой хотя бы одного стрингера отсек считается разрушившимся, т.е. отсек следует считать состоящим из последовательно соединенных элементов. Это кажущееся противоречие объясняется тем, что хотя при расчете на прочность по детерминированным величинам и получается, что ни один из стрингеров не должен разрушиться, тем не менее, в процессе эксплуатации стрингеры разрушаются, но отсек при этом может остаться целым [2].

Стрингеры и обшивка между собой также соединены параллельно, если допускается при сжатии отсека потеря устойчивости обшивки (образование волн), как это имеет место на самом деле. Если же потеря устойчивости обшивки не допускается (считается, что отсек потерял работоспособность – при толстой

обшивке), то обшивка и стрингеры будут соединены между собой последовательно.

Таким образом, лишь из-за принятого условия метода соединения элементов по надежности изменился с параллельного на последовательное. Конструктивные элементы, соединенные в отсек, по надежности могут быть независимыми, зависимыми по коэффициенту корреляции, зависимыми по отказу конструктивных элементов. Различают некоторые предельные состояния отсеков. В соответствии с ГОСТ 13377-75 предельное состояние – это состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения требований безопасности, или неустранимого выхода заданных параметров за установленные пределы, или неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, или необходимости проведения среднего или капитального ремонта. Рассмотрим наиболее характерные предельные состояния отсеков[1, 3] .

1 Предельные состояния отсеков по статической прочности. Статическими называют такие нагрузки, которые действуют на конструкцию без изменения достаточно долго, а точнее – на порядок дольше, чем период основного тона собственных колебаний ЛА.

Эти нагрузки приводят к разрушению конструкции по прочности при действии растягивающих или поперечных сил, изгибающего или крутящего момента, внутреннего давления и т.д. Эти же нагрузки могут приводить к потери устойчивости при действии сжимающих или поперечных сил, изгибающего или крутящего момента, внутреннего давления и т.д. Многое зависит от конструктивного исполнения рассматриваемого отсека. Нагрузки могут быть комбинированными, т.е. действует одновременно несколько видов нагрузок на одну конструкцию. Тогда могут применяться различные приближенные методы расчета, связанные с введением таких понятий как эквивалентная сила, эквивалентный момент и т.д. Пусть преобладают напряжения от сжимающей силы, а максимальные напряжения сжатия от изгибающего момента незначительны. Тогда напряжения от сжимающей силы складываются с максимальными напряжениями сжатия от изгибающего момента и представляются как напряжения от одной эквивалентной силы. Если изгибные напряжения являются доминирующими, а напряжение от силы – незначительными, вводят понятия эквивалентного момента.

При изгибе напряжения по сечению распределяются неравномерно. Они имеют максимальную величину в крайних точках сечения и снижаются до нуля на нейтральной оси. Можно только приблизиться к условию полной равнопрочности, удаляя металл из наименее нагруженных мест и сосредотачивая его в наиболее нагруженных участках сечения. Эта задача решается прежде всего выбором наиболее рациональных форм сечения и соответствующим подбором высоты сечения и толщины стенки.

2 Предельные состояния отсеков по прочности. Оно возникает при действии приложенных нагрузок в виде растягивающих и поперечных сил, изгибающих, крутящих моментов, внутреннего давления в емкости и т.д.

В детерминированной модели расчет на прочность конструкций ЛА часто выполняют по разрушающим расчетным нагрузкам (P^p) полученным из эксплуатационных, путем умножения их на коэффициент безопасности f, вычисляют по формуле

$$P^p = P^э \cdot f, \qquad (1)$$

где $P^э$ – эксплуатационная нагрузка;

f – коэффициент безопасности.

Величина коэффициента f указывается или в руководящих документах или главным конструктором – разработчиком ЛА. Для гражданских ЛА коэффициент безопасности принимается равным от 1,5 и выше, для беспилотного ЛА – 1,15 и выше. По данным статической прочности подбираются необходимые геометрические параметры (потребные площади) всех агрегатов ЛА.

Если в рассчитанном месте, кроме σ_Σ, имеется напряжение сдвига того же порядка, что и σ_Σ, приведенное нормальное напряжение находят согласно действующим теории прочности, например по теории наибольших касательных напряжений.

Может оказаться так, что нормальные напряжения являются определяющими для одного предельного состояния отсека, а касательные напряжения – для другого. Но может получиться и так, что в одном предельном состоянии отсек проверяется отдельно по нормальным напряжениям и отдельно по касательным.

При определении расчетных разрушающих напряжений для продольных силовых элементов необходимо учитывать реальные условия их работы в системе конструкции фюзеляжа (крыла), эти условия, следующие:

- нужно учитывать уменьшение площади поперечного сечения силовых элементов, работающих на растяжение из-за наличия отверстий по заклепки (болты) коэффициентом $K_1 \approx 0{,}9$;

- необходимо учитывать, влияние концентрации напряжений при наличии отверстий в силовых элементах коэффициентом $K_2 \approx 0{,}9$.

Следовательно, расчетное напряжение для любого силового элемента, работающего на растяжение, будет равно: $\sigma_p = K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_в = 0{,}9 \cdot 0{,}9 \cdot \sigma_в = 0{,}8 \cdot \sigma_в$. Коэффициент K_2, учитывающий влияние концентрации напряжений на понижение прочности силовых элементов при разрушающих нагрузках, принимается различным для разных материалов. Например, для стали $K_2 = 0{,}95$, для алюминиевых сплавов $K_2 = 0{,}9$, для магниевых сплавов $K_2 = 0{,}8$ и т.д. При

использовании в расчетах вероятностной модели определяется надежность как вероятностная прочность.

3 Предельные состояния отсеков по устойчивости. Реализуется при внешних сжимающих силах, поперечной силе, изгибающем моменте, внешнем давлении и т.д. Потеря устойчивости зависит не только от величины внешних сил, но определяются также и следующими параметрами:

- относительной гибкостью – l/i;
- характеристиками сечения (числом осей симметрии);
- соотношением i_{max}/i_{min};
- расположением центра жесткости относительно главных центральных осей инерции сечения;
- относительными величинами – b/δи R/δотдельных элементов сечения, где b – ширина плоского элемента, R – радиус кривизны криволинейного элемента сечения;
- способом закрепления концов (шаровые или осевые шарниры, заторцовка, возможность боковых смещений, величина плеча продольной силы относительно центра жесткости).

Критические напряжения элементов каркаса обязательно должны превышать максимальные эксплуатационные напряжения. При чем это относится и к местной потере устойчивости. Для панелей всегда недопустима аэроупругая неустойчивость, что же касается коробления, то в ряде случаев оно возможно, т.к. в момент выпучивания напряжение в обшивке достигает максимально возможной величины, при увеличении нагрузки работает только присоединенная обшивка. Если критические напряжения обшивки значительно меньше расчетных, ее материал работает с малой отдачей. Чтобы повысить эффективность обшивки, ее надо как-то подкрепить, но при этом возрастает вес конструкции. Следовательно, в том и другом случае материал работает не с полной отдачей, и без дополнительного анализа конструкции в целом трудно сказать, какой вариант лучше.

Список литературы

1. Егер, С. М. Основы автоматизированного проектирования самолётов: учеб. пособие для студентов авиационных специальностей вузов / С.М. Егер, Н.К. Лисейцев, О.С. Самойлович. М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.

2. Новожилов, Г.В.Безопасность полета самолета [Текст]: концепция и технология / Г.В. Новожилов, М.С. Неймарк, Л.Г. Цесарский. – М.: Машиностроение, 2003. – 144 с.

3. Оболенский, Е.П.Прочность летательных аппаратов и их агрегатов [Текст]: учеб. для вузов / Е.П. Оболенский, Б.И. Сахаров, В.А. Сибиряков; под ред. И.Ф. Образцова. – М.: Машиностроение, 1995. – 504 с.

4. Припадчев, А.Д. Расчет на прочность элементов конструкции летательного аппарата: учебное пособие / [А.Д. Припадчев и др.]. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 156 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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

Системы автоматизированного проектирования (САПР) в настоящее время внедряются во все отрасли промышленности. Технологическая подготовка производства занимается особое место, так как на нее приходится около 20 % от общей трудоемкости по изготовлению деталей на машиностроительных предприятиях [1].

САПР технологических процессов (ТП) на машиностроительном предприятии не всегда удовлетворяют требованиям инженерно-технологического состава. САПР ТП сокращают время и повышают качество проектирования, однако уровень автоматизации в данном направлении остается довольно низким. Трудоемкой задачей для технолога является выбор способа получения заготовки, обрабатывающего инструмента, последовательности обработки поверхностей детали, выбор режимов резания и т.д.

Окончательное решение на отдельных этапах проектирования принимает инженер-технолог, внося корректировки, принятые САПР ТП. Современные системы проектирования позволяют ему выбрать из существующей базы необходимые операции, переходы, режущие инструменты, оснастку. Также технолог может скопировать необходимые фрагменты из аналогичного техпроцесса и вставить в свой разрабатываемый процесс.

После окончания проектирования система позволяет сохранить файл в различных форматах для печати необходимых документов. Данный метод хорошо подходит для проектирования однотипных и несложных деталей, однако вопрос о полной автоматизации остается открытым [2].

В России на машиностроительных предприятиях чаще всего применяются три наиболее популярные САПР ТП. Это система «Вертикаль», «T-Flex Технология» и «СПРУТ ТП». Поговорим о них поподробнее и проведем анализ достоинств и недостатков.

Система «Вертикаль» российская разработка, предназначенная для автоматизации технологического проектирования. С помощью БД системы технолог может воспользоваться справочными данными для принятия технологических решений, что сокращает время поиска информации [3]. Экранная форма программы представлена на рисунке 1.

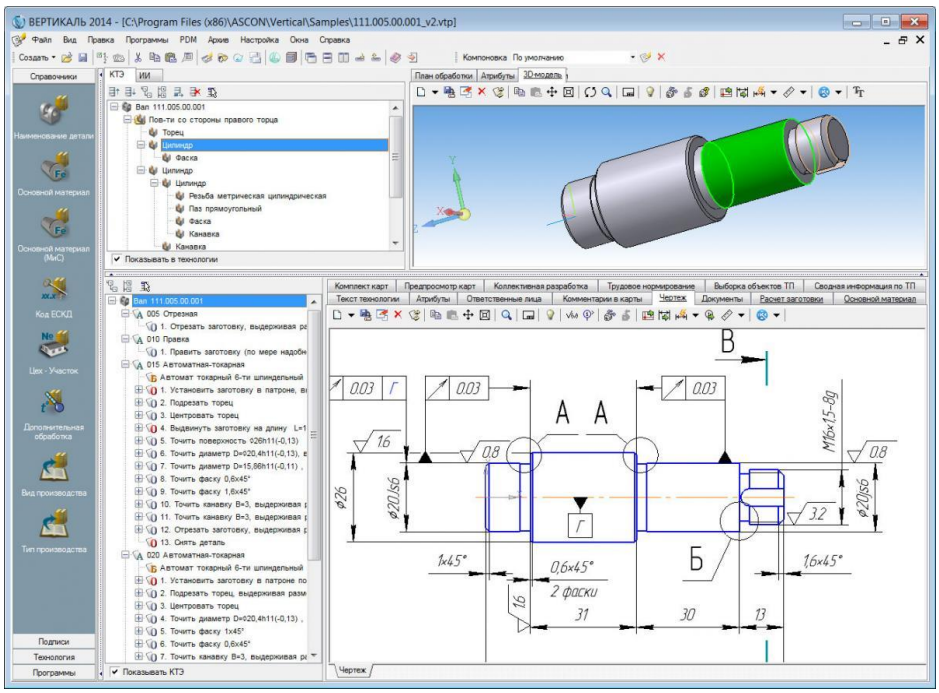


Рисунок 1 – Экранная формы программы САПР ТП «Вертикаль»

«T-FLEX Технология» позволяет организовать единое информационно-справочное пространство для технологов и проектировщиков. Механизмы маршрутизации документов и управления процессом проектирования позволяют описать типовые процессы перемещения документов между исполнителями и автоматизировать большинство рутинных действий [4]. Экранная форма программы представлена на рисунке 2.

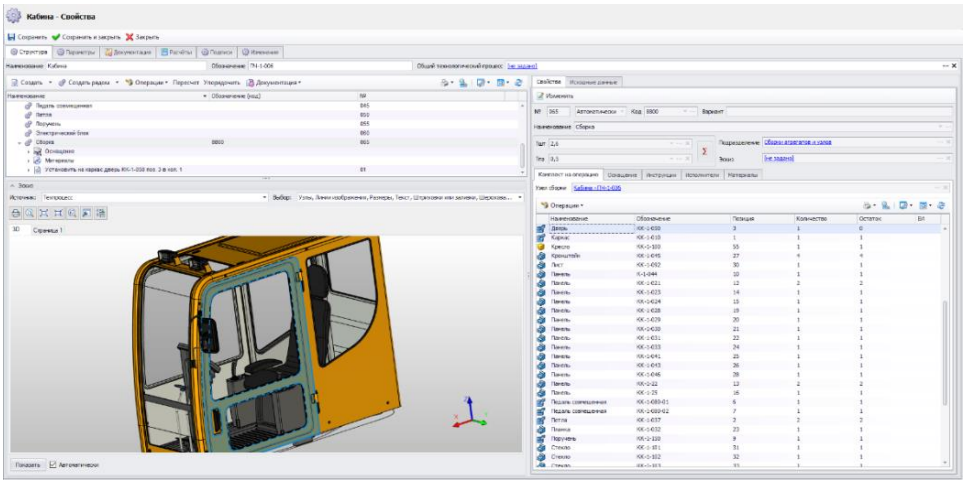


Рисунок 2 – Экранная форма программы «T-FLEX Технология»

«СПРУТ-ТП» – система для формирования технологических процессов и необходимой документации. Процесс проектирования выполняется в среде активных документов, рассчитываются технически обоснованные нормы

времени. Система «СПРУТ ТП» позволяет загрузить 3D-модель заготовки и готовой детали в программу и выбрать станок для обработки. Технолог выбирает поверхность для обработки, а сама система прорабатывает траекторию инструмента. Экранная форма программы представлена на рисунке 3 [5].

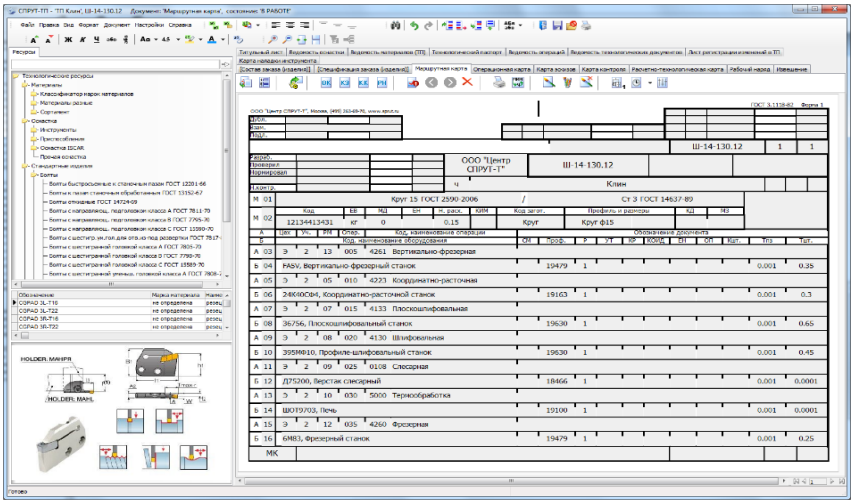


Рисунок 3 – Экранная форма программы «СПРУТ-ТП»

Для сравнения функциональных свойств представленных отечественных систем, проведем их анализ. Сравнительный анализ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Обзор отечественных САПР ТП

Элементы ТПП	САПР ТП		
	«ВЕРТИКАЛЬ»	«T-Flex Технология»	«СПРУТ-ТП»
Автоматический ввод исходных данных об изделии (геометрия)	Только из САПР «КОМПАС». Геометрическая модель используется для обзора	Отсутствует	Отсутствует
Формирование структуры технологического процесса по геометрическим элементам модели	Отсутствует	Присутствует	Отсутствует
Автоматическое формирование технологических эскизов на основе 3D-модели детали	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Использование интеллектуальной поддержки	Отсутствует	Отсутствует	БЗ режимов резания

Продолжение таблицы 1 – Обзор отечественных САПР ТП

Элементы ТПП	САПР ТП		
	«Вертикаль»	«T-Flex Технология»	«СПРУТ-ТП»
Автоматическое формирование технологической документации	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Формирование ТП на основе анализа полной 3D модели	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Связь с распространенными БД и СУБД	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Автоматическое формирование ТП: - с соблюдением особенностей механической обработки различных материалов	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
-с соблюдением особенностей способа изготовления заготовки	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

На основе анализа САПР ТП можно сделать вывод, что современные системы различаются друг от друга по степени автоматизации технологических процедур, режимов и методов проектирования технологических процессов, а также функциональным возможностям. Основными недостатками рассмотренных систем, и, как следствие, проблемами в технологической подготовке производства, являются:

а) невозможность автоматического формирования ТП на основе 3D-модели детали;

б) отсутствие автоматического ввода исходных данных о детали;

в) отсутствие автоматического формирования технологических эскизов.

Для решения данных проблем, может быть разработан специальный модуль для имеющейся в распоряжении САПР ТП. При использовании разработанного модуля каждым поверхностям 3D-модели будут присвоены технологические атрибуты, которые используются в качестве параметров при проектировании ТП. Это позволит описать структуру ТП в зависимости от геометрических параметров детали и сформировать технологические эскизы.

Список литературы

1. Акулович, Л.М. Компьютерное проектирование и САПР технологических процессов: учеб. пособие для вузов / Л.М. Акулович. – Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2009.– 200 с.

2. «Старый новый» метод автоматизации проектирования техпроцессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_33_method_automation_designing.html – Дата проверки: 25.12.2022.

3. ВЕРТИКАЛЬ. Система автоматизированного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ascon.ru/products/420/review/– Дата проверки: 25.12.2022.

4. T-FLEX Технология. Управление технологической подготовкой производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://borlas.ru/solutions/plm/upravlenie-zhiznennym-ciklom-izdeliya/2311– Дата проверки: 25.12.2022.

5. СПРУТ-ТП. Система проектирования и нормирования технологических процессов (САПР-ТП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://sprut.ru/sprut-tp/ – Дата проверки: 25.12.2022.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ УСТАНОВКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ СВАРКИ

Ходжаев М.М., Рулев Д.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Сварка – это процесс объединения деталей кристаллической решеткой. Разрушение и последующее объединение кристаллических решёток происходит при увеличении амплитуды колебаний атомов в узлах. Для этого необходимо увеличить энергию этих атомов. Энергия может передаваться разными методами, например, электрической дугой, трением, пламенем, давлением и электронным лучом.

Для сварки изделий из титановых и высоколегированных сплавов используется электронный луч. Сварка электронным лучом происходит в вакуумной камере, где нет элементов, мешающих перемещению электронов, и нет элементов, ионизирующихся под действием высокого напряжения для создания дугового разряда. Таким образом, 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). В настоящее время широко распространены два типа ЭЛП, это мононакальные (рисунок 1), или непосредственного нагрева, и косвенного накала (рисунок 2).

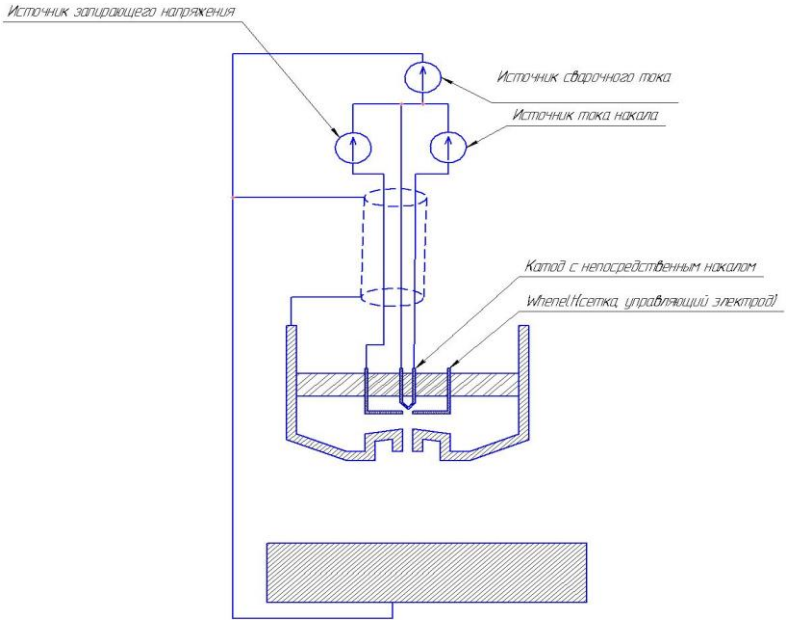


Рисунок 1 – Мононакальная электроннолучевая пушка

В мононакальных ЭЛП источником электронов для сварки является нагреватель, сделанный из тантала.

В ЭЛП косвенного нагрева источником электронов для сварки является кристалл гексоборида лантана (LaB_6). В идеале – это должен быть монокристалл, но допускается и использование прессованых таблеток.

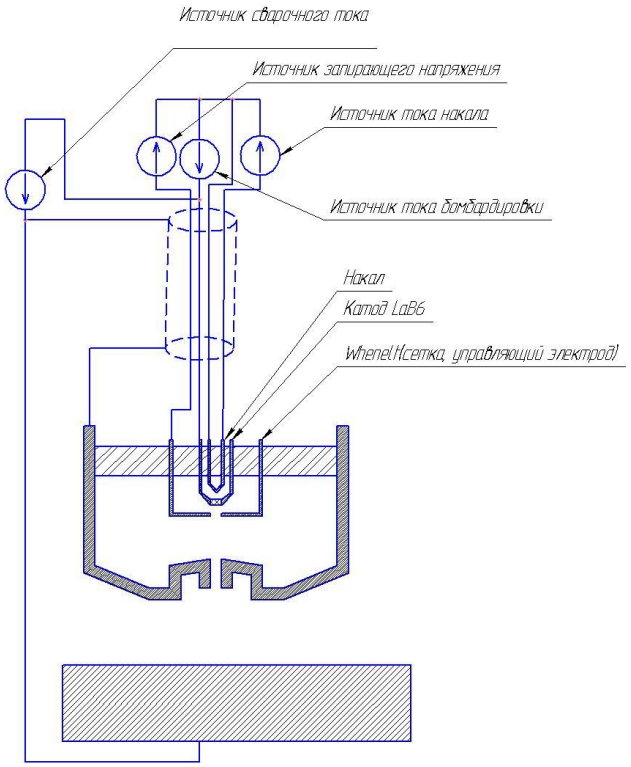


Рисунок 2 – Электроннолучевая пушка косвенного накала

Из рисунков видно, что в мононакальной пушке меньше количество элементов. В ЭЛП косвенного накала источником электронов является таблетка, которую необходимо разогревать и бомбардировать электронами от накала. Под действием бомбардировки из кристалла гексоборида выбиваются электроны. Их можно назвать вторичными электронами, так как первичными будут электроны от накала. Количество вторичных электронов, «выбитых» из таблетки, гораздо больше прилетевших от накала. Учитывая, что заряд электрона $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл, и что 1 А это ни что иное, как 1 Кл за секунду, то не сложно посчитать количество электронов, выбитых из таблетки при сварке током 280 мА в течении 30 минут. Эмиссия электронов происходит при разрушении кристалла. Ресурс таблетки зависит от режима сварки. При сварочном токе в пределах от 250 до 300 мА одной хорошей монокристальной таблетки производства СССР хватает примерно на 16 часов работы, а произведённой из прессованного гексоборида – примерно на 5 часов. Режимы работы таблетки меняются в очень широких пределах в зависимости от качества их изготовления. Для одной таблетки может быть достаточно 19мА тока бомбардировки, и она работает на токе 300 мА до 12 часов, а другую приходится бомбить током 35 мА для сварки на 180 мА и она «умирает» через 4

часа. Поэтому для пушек с косвенным накалом характерно наличие процесса «тренировки» таблетки. Он заключается в постепенном увеличении напряжения анода и тока сварки. По мере увеличения анодного напряжения и прогрева таблетки происходят «прострелы». С таблетки выгорает грязь. Компоненты грязи испаряются, ионизируются и происходит дуговой разряд. По мере очистки «прострелов» становится меньше. Тренировку можно считать оконченной после полного прекращения «прострелов» и подбора тока бомбардировки для получения требуемого тока сварки на образце. Устройство пушки позволяет оперативно менять таблетку. Тантал нагревателя в мононакальной пушке также является расходным элементом, но изготовление нагревателя и его замена требуют более высокой квалификации рабочих и большего времени на выполнение работ. Стоит отметить, что мононакальные пушки стабильнее и более предсказуемы в работе, чем с косвенным накалом. Ресурс танталового катода-нагревателя выше ресурса таблетки.

Вокруг разогретого катода образуется облако электронов. Под действием электрического поля, созданного анодным напряжением, они устремятся от катода с отрицательным потенциалом к аноду с положительным. Для управления потоком электронов (током сварки) в пушку введен Whenelt (он же управляющий электрод). Когда потенциал управляющего электрода намного отрицательнее потенциала катода электроны не могу преодолеть барьер, и ток отсутствует. Когда потенциалы катода и управляющего электрода равны, электроны устремляются через отверстие к аноду. Изменяя потенциал Whenelt, регулируется ток сварки (Рисунок 3).

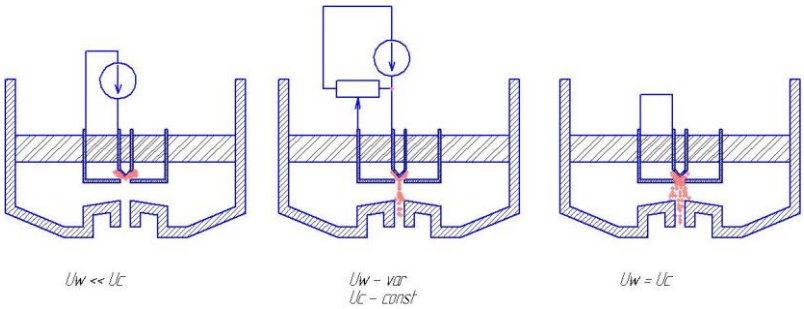


Рисунок 3 – Зависимость тока сварки от потенциала на Whenelt

Анодный потенциал имеет корпус, который имеет общую шину с массой и обязательное заземление. Значит, электроны полетят к корпусу ЭЛП и ко всем токопроводящим заземленным элементам. Для формирования электронного пучка в конструкцию ЭЛП введена электромагнитная фокусирующая линза. Через её катушки протекает ток, который создает магнитное поле, сжимающее и уплотняющее поток электронов. Благодаря катушке-линзе луч можно сфокусировать перед деталью, на поверхности детали, в теле детали и за деталью. Фокусировка подбирается экспериментально в процессе отработки технологического процесса на образцах. Для сварки разных деталей фокусировка может отличаться. Ток

фокусировки необходимо изменять в зависимости от расстояния между пушкой и деталью. Whenelt также вносит изменения в фокусировку луча. Когда сварочный ток мал и электроны еле просачиваются через отверстие отрицательно заряженного Whenelt, то для фокусировки необходим небольшой ток. Когда же ток сварки уже значителен и Whenelt не удерживает электроны, ток фокусировки необходимо увеличивать. Диаметр остро сфокусированного пятна на поверхности детали не превышает трех миллиметров. В площадь 7,06 мм^2 вкладывается мощность, равная произведению анодного напряжения на ток сварки, и при напряжении 60 кВ и токе в 1000 мА это значение равно 60 кВт, что составляет 8,5 кВт/мм^2.

Для увеличения объёмов производства процесс сварки требует автоматизации, так как на данный момент управление подобными установками, а точнее регулирование тока сварки, осуществляет высококвалифицированный сварщик. От наличия высокой квалификации сварщика напрямую зависит качество свариваемых образцов и деталей.

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. Данные сигналы будут заходить в контроллер, в контроллере аналоговые сигналы будут преобразовываться в цифровой вид, и по шине связи RS-485 будут передаваться в человеко-машинный интерфейс (ЧМИ). Контроллер, получая сигналы от ЧПУ и ЧМИ, будет вырабатывать дискретные сигналы управления источником напряжения питания электроннолучевой пушкой, а так же цифровым источником питания постоянного тока. Программа работы контроллера будет производить регулирование тока сварки плавным или резким нарастанием тока. Это нужно для входа в «стык» и выхода из «стыка» свариваемых образцов-деталей. Через ЧМИ возможно будет наблюдение и регулирование параметров процесса сварки. С помощью ЧМИ возможно 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. На рисунке 4 представлена схема автоматизированной системы управления процессом электроннолучевой сварки.

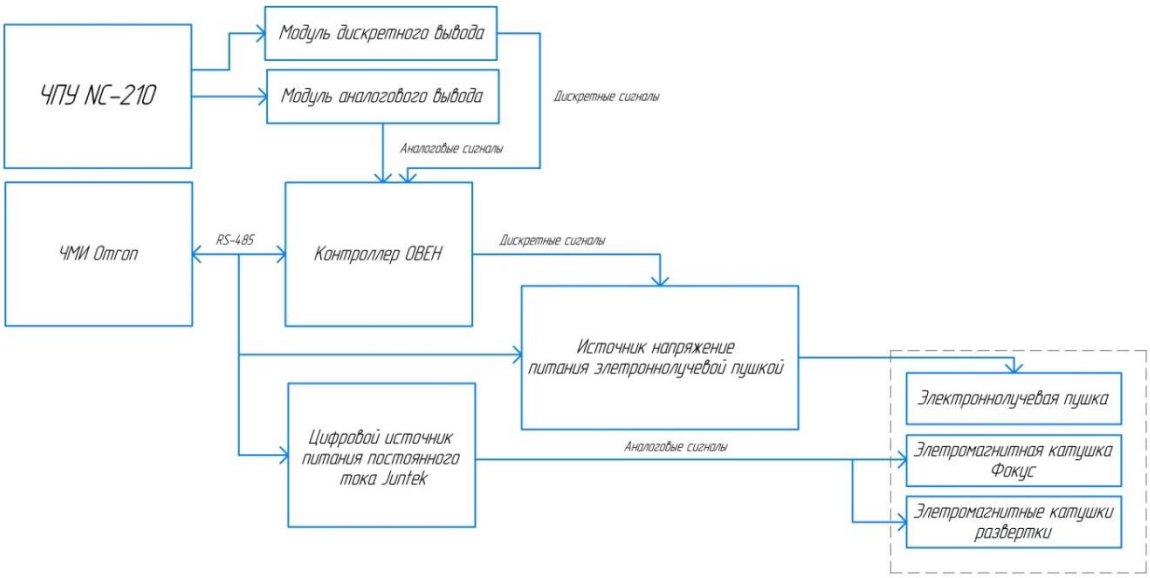


Рисунок 4 – Структурная схема автоматизированной системы управления процессом электроннолучевой сварки

Список литературы

1. Электронно-лучевая сварка [электронный ресурс] – Режим доступа: https://sterbrust.tech/spravochnik/svarka/ehlektronno-luchevaya-svarka.html– 01.10.2022г.

2. Электронно-лучевая сварка: технология, процесс и особенности[электронный ресурс] – Режим доступа: https://nzmetallspb.ru/prochee/elektronno-luchevaya-svarka-tehnologiya-protsess-i-osobennosti.html – 01.10.2022г.

3. Электронно-лучевая сварка [электронный ресурс] – Режим доступа: https://taina-svarki.ru/sposoby-svarki/elektronno-luchevaya-svarka-tehnologiya-defekty-i-oborudovanie.php – 01.10.2022г.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЛЕТОУКЛАДЧИКОВ КАК АСПЕКТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Цуканов А.В., Русяев А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящий момент материально-техническая база и научно-педагогический состав Аэрокосмический института позволяют готовить специалистов высокого класса для их последующего трудоустройства на промышленные предприятия Оренбургской области и за ее пределами. Подготовка будущих инженеров осуществляется с применением передовых технологий, а также базируется на новейших достижениях в области приборостроения, машиностроения, развития автоматизированных систем. В частности, кафедра систем автоматизации производства позволяет студентам получить полное представление о протекании технологического процесса на реальных установках. Сравнение производительности и точности оборудования до и после внедрения разработанных автоматизированных систем показывает важность данного направления подготовки. Студенты рассматривают реальные проблемы на производстве и в качестве выполнения выпускной квалификационной работы предлагают свои пути их решения.

Одна из таковых касается автоматизированных паллетоукладчиков. В настоящее время наиболее популярным в сфере автоматизированных линий упаковки является применение готового оборудования от крупных поставщиков. Действительно, изготовители предлагают паллетоукладчики в различных вариациях, благодаря чему можно с легкостью подобрать параметры для определенных целей и задач [1, 2]. Причем каждый производитель предлагает свою индивидуальную концепцию линии упаковки. Такие автоматизированные системы находятся на рынке уже десятки лет и доказали свою надежность.Однако готовые решения обладают определенными недостатками, заключающимися в жестко заданном временном режиме, задающим цикл в узле поперечной подачи, частоте срабатывания механического толкателя и т.д. [3]. По этой причине система в целом становится жестко синхронизированной. Отсюда следует, что укладываемые на паллеты объекты должны обладать определенными формами и размерами, при этом загрузка пакетов на подающий конвейер также должна обладать определенным временным интервалом. В результате чего, достижение максимальной скорости работы паллетоукладчика становится невозможным. Кроме того, переналадка оборудования под разные размеры укладываемых объектов занимает достаточно много времени, так как для этого необходимо перенастроить большое количество компонентов. Также стоит отметить, что

такие системы лишены возможности обслуживать несколько подающих конвейеров из-за требования равных промежутков между пакетами [4].

Был проведен анализ запатентованных изделий, которые могли бы решить данную проблему. В результате чего выявлено, что на настоящий момент нет готового решения.

Исходя из этого, возможность адаптации паллетоукладчика для разных задач и достижение максимальной производительности при корректном и надежном протекании технологического процесса являются актуальной задачей.

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 FactoryIO сцена технологического процесса укладки одиночных пакетов на поддон [5-6].

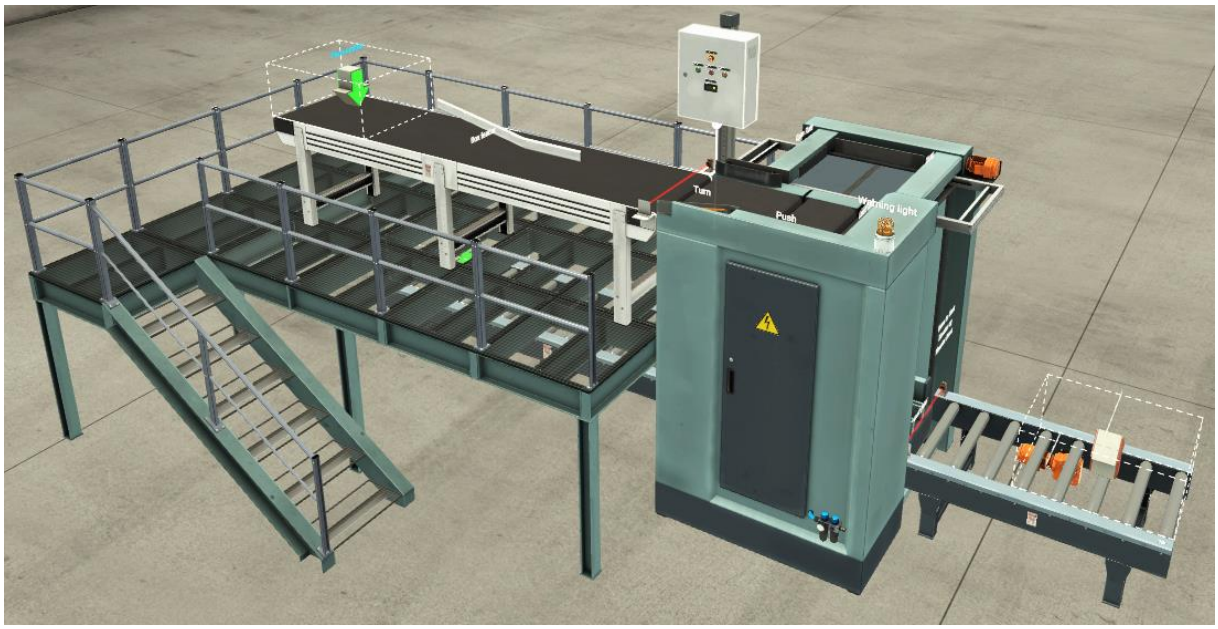


Рисунок 1 - Сцена технологического процесса укладки одиночных пакетов на поддон

Также с помощью этой 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.

Таким образом, путем применения современных технологий, в частности материально-технической базы Аэрокосмического института, имеется

возможность выявления, исследования и решения проблем на реальных производственных участках.

Рисунок 2 – Сигналы ввода-вывода паллетоукладчика

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.

2. Вестхюз, Р. Разработки в области технологии паллетирования [Developmentsinpalletizingtechnology] / Р. Вестхюз // Цемент и его применение. – 2015. – № 4. – С. 64-67.

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.

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.

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.

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.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫСОКОТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор,
Спешилова Н.В., д-р экон. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Цель идентификации заключается в получении словесной модели. Идентификация системы управления подразумевает совокупность различных методов для построения математических моделей динамических систем, использующих данные, полученные посредством наблюдений. Чаще всего говорят о процедурах идентификации в автоматике, где на основе наблюдений фиксируются данные относительно реакций управляемых объектов на управляющие воздействия. Системы высокоточного управления основываются на автоматическом управлении, предполагающем совокупность действий, направленных на улучшение функционирования объекта и применяемом в технических системах.

В войсках противовоздушной обороны (ПВО) под управлением зенитными ракетами понимают термин «Стрельба зенитными управляемыми ракетами [4]» который употребляется для обозначения процесса подготовки, пуска, наведения ракеты и подрыва ее боевой части у цели. Стрельбу зенитными управляемыми ракетами (ЗУР) ведет огневая единица.

Стрельбой ЗУР [4] называется также научная дисциплина, занимающаяся изучением процесса стрельбы с целью разработки руководящих правил стреляющему, автоматизации собственно процесса стрельбы, а также разработке форм и методов обучения стрельбе.

Стрельба ЗУР может вестись по воздушным целям в рамках противовоздушного боя [3], либо по мишеням в рамках испытаний зенитного ракетного комплекса и боевой подготовки. Противовоздушный бой огневая единица ведет, как правило, в составе подразделения, во всей глубине зоны поражения в условиях интенсивного применения средств радиоэлектронной борьбы. Противовоздушный бой – согласованное ведение разведки, огня и маневра подразделения с целью уничтожения воздушного противника. Бой предполагает наличие противоборствующих сторон и слагается из ряда стрельб, проводимых огневыми единицами, проведенных в готовность номер один.

В зависимости от задачи, поставленной командиром подразделения, характера действий противника, а также наличия сил и средств, огневая единица участвует в ведении боя различными средствами. Основные из них [4]:

- сосредоточенный огонь по наиболее важным целям для их надежного уничтожения;

- рассредоточенный огонь для одновременного нанесения урона максимальному количеству целей;

- самостоятельное ведение огня огневыми единицами.

Следует отметить, что перечисленные средства выбираются исходя из различной совокупности условий.

Испытания зенитного ракетного комплекса (ЗРК) – экспериментальное определение боевых, конструктивных и эксплуатационных свойств опытных или серийных средств ЗРК с целью установления их соответствия тактико-техническим требованиям. Основу испытаний боевых средств ЗРК составляют преимущественно стрельбу зенитными управляемыми ракетами в условиях, максимально приближенных к боевым.

Задачами стрельбы могут быть: поражение одиночной цели; нанесение максимального ущерба групповой цели (группе целей), т.е. поражение максимального числа единичных целей из состава групповой цели; поражение всех целей из состава группы целей.

Поражение цели – явление, состоящее в приведение летательного аппарата (для одиночной цели) или всех летательных аппаратов (для групповой) огнем средств ПВО в состояние, при котором выполнение задачи и дальнейший полет становится невозможным.

По выполняемым функциям в системе управления стрельбой ЗРК обычно выделяют три [2] основные вида деятельности: оператор-наблюдатель, оператор-исполнитель, оператор-командир.

Для оператора-наблюдателя характерно выполнение обязанностей с использованием средств отображения информации (СОИ). Так, операторы радиолокационных станций (РЛС) решают задачи обнаружения сигналов или признаков, несущих информацию о воздушных целях и обстановке; правильного, полного и быстрого декодирования световых сигналов на экране и выдаче их полных характеристик (цель, местный, свой, чужой, тип и состав цели и др.), быстрого и правильного определения координат целей или контроля за исправной или эффективной работой техники; выбора оптимального режима работы РЛС на основе оценки обстановки и наблюдения за воздушными целями.

Функция оператора-исполнителя состоит, как правило, в передаче (приеме) информации внутри или вне системы от одних ее элементов к другим.

Оператор-командир использует для выполнения своих функций всю или почти всю информацию, циркулирующую в системе. Командир должен знать задачи системы управления в целом и примерные пути их решения. Практическая деятельность операторов-командиров в основном происходит в условиях больших потоков противоречивой информации, неопределенности, значительного количества факторов, часть или большинство из которых изменяется случайным образом.

Однако, разделение операторской деятельности только по функциональному признаку имеет условный характер. Например, оператор-

командир, управляющий одним или несколькими подразделениями с использованием СОИ и средств связи, частично использует функции и оператора-исполнителя. Но главным в его деятельности остаются функции руководителя, в основе которого лежит творческий подход к решению задач управления по условиям данной сложившейся обстановки.

Какой бы не была система управления стрельбой, большой или малой, ее цель достигается, по существу, одним человеком: оператором-командиром. Другие операторы и все используемые машинные компоненты служат расширению возможностей оператора-командира на трех [2] уровнях:

I. Вход – приборы дополняют его органы чувств.

II. Принятие решений – другие операторы, устройства управления, отображения информации и компьютерная логика помогает его мыслительным процессам.

III. Выход – другие источники энергии дополняют работу мышц оператора.

Оператор-командир для принятия решения в той или иной степени использует компьютер. В зависимости от степени использования компьютера в процессе принятия решения различают: принятие решение компьютером, принятие решения оператором, принятие решения оператором при помощи рекомендации компьютера, принятие решения в процессе диалога оператора и компьютера.

Подготовка стрельбы – комплекс мероприятий, связанный с поиском и захватом цели на сопровождение, с определением ее характера и параметров движения, наличия, вида и интенсивности помех, с выбором для стрельбы режимов работы комплекса, метода наведения, с назначением потребного количества ракет и определением момента их пуска[1].Она, как правило, начинается с момента получения задачи с вышестоящего командного пункта или самостоятельного принятия решения на уничтожение цели и заканчивается моментом готовности подразделения к пуску зенитных управляемых ракет.

Задача на уничтожение цели включает указание местоположения цели в пространстве, команду уничтожить цель и в случае необходимости распоряжения о последовательности ведения по ней огня.

Стрельба на уничтожение цели входит в состав боевой работы, состоящей из пуска и наведение на цель определенного командиром-оператором количества ракет. Чтобы поразить воздушную цель требуется осуществить сближение с ней зенитных ракет в соответствие с необходимой точностью и затем, после сближения, подорвать их боевую часть таким образом, чтобы осколки накрыли цель. При определении траектории сближения ракеты с целью подбираются уравнения связи, которые определяют движение ракеты в зависимости от координат и параметров движения воздушной цели. Вид таких уравнений определяет метод наведения ракет на цель. Управление ракетой, как правило, осуществляется лишь по направлению, например, gи s.

Процесс наведения ЗУР автоматизирован, т.е. боевой расчет не участвует в выработке команд управления полетом, однако для обеспечения качественного самонаведения необходим устойчивой подсвет цели, что может быть обеспечено непрерывным сопровождением цели.

Задача стреляющего состоит в том, чтобы обеспечить высокую эффективность стрельбы в конкретных условиях воздушной обстановки за счет выбора воздушной цели для обстрела, режима работы аппаратуры станции наведения ракет, количества ракет на стрельбу, вида огня, момента пуска ракет (первого залпа ракет), направляющих с которых осуществляются пуски.

В настоящее время используются три [5] способа задач стрельбы:

I. Интуитивный, т.е. принимается решение, подсказанное предыдущим жизненным опытом.

II. По результатам натурных испытаний, обработанных методами математической статистики.

III. В связи с широким внедрением вычислительной техники появилась возможность многократно воспроизводить стрельбу ЗУР по цели в различных условиях.

Таким образом, данный материал отражает основы, или так называемые входные компоненты, необходимые для формирования знаний и может быть использован при изучении ряда дисциплин в процессе подготовки кадров по специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели.

Список литературы

1. Горохов А.Х. Системы обнаружения целей, наведения и управления ракетами и боеприпасами с радиовзрывателями: учебное пособие / А.Х. Горохов, Ю.В. Мощенский. – Самара: Самарский гос. технический ун-т, 2014. – 113 с.

2. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта. – М: МГТУ, 2001. – 352 с.

3. Неупакоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.Воениздат, 1999. – 343 с.

4. Справочник офицера противовоздушной обороны / Г.В. Зимин. С.К. Бурмистров, Б.М. Букин и др. – 2-е изд. перераб. и доп. – Воениздат, 1987. – 512 с.

5. Шепель В.Н. Стрельба зенитными управляемыми ракетами/ОВЗРКУ. Оренбург. 1995. – 296 с.

МОДЕЛИ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Багров К.А., Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Мировая компьютерная сеть стремительно развивается, в связи с этим последнее время больше внимания уделяется методам построения и управления сайтами. Чтобы понять причины интереса нужно понимать, что есть сегодня Интернет, его функции, цели создателей программного обеспечения.

Интернет – компьютерная мировая паутина, с единым информационным пространством, где существуют постоянные сервера, меняются подключаемые пользователи. Основные информационные технологии Интернет неизменно остаются: электронная почта, веб-сайты [1]. Так же активно развиваются следующие функциональные возможности: IM–мгновенная отправка сообщений, P-t-Pсети – прямой обмен файлами между компьютерами, распределенные вычисления.

Веб-сайт представляет собой страницы статической и динамической информации, которые передаются по протоколу HTTP в формате данных HTML, содержащие данные и информацию по ее представлению для пользователя. Технологии развиваются, например, применяется протокол передачи данных с шифрованием HTTPS, глобальный формат данных XML, а также XSLT. Основополагающие сетевые протоколы и языки разметки определяется международным соглашением WWW[2].

Странички размещаются на сервере в сети интернет, называющийся веб-сервером. Веб-сервер это один либо несколько компьютеров, контролируемый программой, также называемой веб-сервером, гарантирующей допуск к сведениям согласно сетевым протоколам, а также владеющий неповторимым постоянным адресом в сети Интернет.

После подключения к сети доступ к веб-сайтам обеспечивает программа веб-браузер, она поддерживает стандартные протоколы, язык разметки, программы на стороне клиента, поддержку конфигурационных файлов (cookies), сертификаты защиты данных, а так же преобразует данные в удобный для пользователя вид, с учетом его действий формирует новые запросы к серверу.

Популярность веб-сайтов обусловлено следующими условиями, как простота применения, доступность, результативность понятия данных, безопасность допуска. Помимо прекрасного дизайна, а также удобства применения, основную значимость представляет информативное содержание веб-сайта. Пользователи посещают веб-сайты для поиска нужной информации, если таковую не находят, покидают сайт. Привлекая пользователей

разработчики стараются разместить побольше необходимой информации, однако этого мало. Пользователи сети интернет в основном ищут меняющуюся информацию, например котировки акций, курсы денежных единиц, трудовые должности, общественно-политические анонсы, мониторинг погоды.

Непосредственно обеспечение меняющегося, в том числе и персонифицированного содержания, может привлечь пользователей на веб-сайт, что бы они возвращались на него еще и еще. Подобным способом предоставление меняющегося наполнения – аспект, ведущий к преуспеванию веб-сайта. Полнофункциональное приложение, обладающее веб-интерфейсом, называется веб-приложением.

Созданы два вида веб-приложений: приложения серверной части, и приложения клиентской части. Приложения серверной части – это программное обеспечение, установленное и исполняющееся на веб-сервере при поступлении требования пользователя, для создания страниц с меняющемся содержанием. Клиентское приложение или приложение части клиента – это программное обеспечение, его код отправляется клиенту с веб-сервера и исполняется на компьютере клиента. Методы, используемые приложениями клиентской и серверной частей различны, и часто нужно применять совмещенный подход, т.е. использовать два вида приложений. Однако все виды технологий клиентской части имеют однотипные недостатки: ограничениями по безопасности (AX), производительности (JA, JS), либо платформе функционирования (MF, AX), в связи с этим предпочтение при организации сложных систем отдается приложениям серверной части [2].

Сложность создания серверной части веб-приложений в основном связано с распределенностью и режимом работы запрос-ответ. Для облегчения серверной части создаются специальные платформы. ОНИ позволяет решать стандартные задачи, и дают больше возможностей разработчикам. Следующий уровень развития веб-систем: усложнение процесса разработки, платформы реализующие роль проектировщика, независимое управление сайтом, внешний интерфейс приложений.

Активно ведутся отечественные и зарубежные исследования и разработки, но существующие достижения лишь частично соответствуют современным требованиям, таким как многокомпонентная архитектура, управление зрением, дистанционное управление, мульти языковая поддержка, адаптивность, изменчивость.

По этой причине значимость новых методов и моделей, а также способов, используемых с целью накопления и рассмотрения информации деятельности пользователей веб-приложений, которые могут быть применимы специалистами с целью определения обширного диапазона вопросов рассмотрения процесса взаимодействия пользователей приложений, не вызывает сомнения.

Анализ процесса взаимодействия пользователей с информационной системой (ИС) производится при получении результата ряда важных задач в

области проверки взаимодействий пользователя, так и в области создания информационных систем (ИС). К примеру, одним среди типовых этапов при создании современных информационных систем (ИС) представляется тестирование удобства пользования, которое стандартно состоит из нескольких этапов.

Начальный этап состоит из сбора данных о действиях, осуществляемых пользователями при помощи взаимодействия с графическим веб-интерфейсом системы (движение курсора компьютерной мыши, нажатие клавиш компьютерной мыши, нажатие клавиш компьютерной клавиатуры и т.д.), и характерах действий (положение (координаты) курсора компьютерной мыши, частота нажатия кнопок компьютерной мыши, используемые клавиши и т.д.). Такие данные обозначаются устоявшимся термином «базовая активность пользователей». Заключительный этап – исследование полученных данных сотрудником с целью обнаружения проблем, вызванных неудобством использования, что является трудной и продолжительной задачей.

Рекомендуется использовать онтологию в качестве модели характеризующей взаимодействие пользователя в веб-приложением. Вместе с тем большинство онтологий поясняют только лишь модификации пользовательского интерфейса либо процесс взаимодействия с интерфейсом. Однако, существующие онтологии никак не прибегают к математическому аппарату дескрипционной логики, что никак не позволяет применять подобные модификации с целью извлечения закономерных заключений в ходе изучения комфорта применения[1].

С целью визуализации деятельности пользователей (к примеру, кликов компьюторной мыши) зачастую применяется другой вид моделей – тепловые карты, в каком месте насыщенность (окраска) пикселя определяет меру заинтересованности пользователей. Существующие математические модели никак не формируют четкой визуализации в случае большого сосредоточения активности в одном месте вследствие того, что не включают параметр корректировки насыщенности в зависимости от концентрации. В результате, доли с различной концентрацией представляются с равной насыщенностью, что ухудшает наглядность. Профессионалу сложно отличить области с большей и меньшей концентрацией.

Для решения задач повышения эффективности взаимодействия пользователей с веб-приложением ряд исследователей предлагают анализировать шаблоны активности пользователей, т.е. повторяющиеся последовательности действий. Однако реализованные методы анализа ориентированы на поиск только заранее определенных исследователями шаблонов. Данные методы не пользуются существующими методами интеллектуального анализа ассоциативных правил и последовательных шаблонов для поиска новых (ранее неизвестных) шаблонов[2].

Список литературы

1. Шульга Т.Э. Онтологическая модель процессавзаимодействия пользователей с интерфейсом киберфизических систем/Т.Э.Шульга, А.А.Сытник, Н.А.Данилов, Д.Э. Палашевский // Математические методы втехнике и технологиях. - ММТТ. - 2019. - Т. 9. - С. 87-90.

2. Модели и алгоритмы анализа и визуализации данных активности пользователей информационных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Н.А. Данилов - Саратов, 2019. - 22 с.

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Киселев Н.С., Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При производстве продуктов питания многие виды изготавливаются в мелкодисперсной форме. При этом используется процесс объемного дозирования. При управлении объёмным дозированием, во-первых необходима стабилизация расхода продукта, во-вторых необходимо обеспечение равномерного движения продукта без образования застойных зон.

Объектом управления является объемный дозатор. Выходной переменной является расход продукта. Управляющие воздействия: частота вращения вала дозатора и объем продукта. При этом случайными возмущениями являются: плотность, твердость продукта, адгезия и когезия частиц, гранулометрический состав, коэффициент внутреннего трения, влажность продукта и др.

Для моделирования процесса движения сыпучего продукта из бункера возможно применение двух подходов:

- механики сплошных сред;
- метод дискретных элементов.

Первый подход основывается на допущении, что продукт является сплошным внутренние коэффициенты трения и коэффициенты трения со стенками равны, продукт однороден и его свойства не меняются.

Уравнение, описывающее зону дозатора в нижней части имеет следующий вид:

$$\frac{dQ}{dt} = F\left(x_{в}, x_{y}, Q\right) \qquad (1)$$

где Q – расход продукта
$x_{в}, x_{y}$ – возмущающие и управляющие воздействия.

Дополнив представленное уравнение условиями однозначности, получим систему уравнений, позволяющих получить расходные характеристики дозатора при различных возмущающих и управляющих воздействиях. В результате определяются оценки коэффициентов: устойчивости, передачи и чувствительности коэффициента передачи к вариациям переменных модели. В результате возможно проведение исследования стационарных и переходных режимов функционирования дозатора.

Недостатком данного подхода является разложения на элементарные динамические звенья доступные для наблюдения. Затруднено обеспечение

управления равномерного движения продукта без образования застойных зон представлениями о процессе движения частиц продукта в бункере на качественном уровне.

Для моделирования процесса дозирования сыпучего наиболее подходящим является метод дискретных элементов. Данный подход рассматривает движение материала как квазипериодическое создание и разрушение сводов продукта. При открытии выходного отверстия дозатора частицы движутся за счет разности силы тяжести и силы сцепления частиц. Дозирование осуществляется за счет того, что движение продукта не успевает распространится на весь материал [1].

Также в объеме продукта возникают различные пластические зоны с границами по линиям разрыва, в которых различные скорости течения и как следствие неустойчивость процесса.

Применяемый подход рассматривает поэтапно элементарные слои продукта. Бункер рассматриваем как сложную, многосвязную систему. Моделирование начинается с задания начального положения и скорости частиц, при этом их движение описывается классическими уравнениями механики.

Допущения моделирования: частицы упругие, обособленные друг от друга мало связанные между собой, в продукте нет сопротивления растяжению, только есть напряжение сжатия, деформация сдвига возникает, если касательные силы превысят внутреннее трение частиц, свойства продукта не меняются.

Удельное усилие на отдельную частицу в элементарном слое изменяется по радиусу сечения в результате противодействия сил трения других слоев.

Движение элемента в слое можно представить в виде системы уравнений:

$$m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = F_i$$

$$I_i \frac{d^2 Q_i}{dt^2} = M_i (i = 1, \dots, N)$$

$$F_{n,ij} = F^{в}_{n,ij} + F^{v}_{n,ij}$$

$$F^{в}_{n,ij} = \frac{4 E_i E_j}{2(1-v_i^2)E_i + (1-v_j^2)} E_i \sqrt{\frac{R_i R_j}{R_i + R_j} \delta_{ij}^2} \qquad (2)$$

$$F^{v}_{n,ij} = -\gamma_n M_{ij} u_{n,ij}$$

$$F_{t,ij} = -sign(u_{t,ij}) F_{n,ij} * tan\varphi_t$$

где t – время;

m_i , I_i – масса и момент инерции частицы;
F_i – сумма сил, действующих на i – частицу;
M_i – момент силы F_iотносительноi – частицы;
$F_{n,ij}$, $F_{t,ij}$ – силы отталкивания и трения частиц;
$F^{в}_{n,ij}$, $F^{v}_{n,ij}$ – упругая и вязкая составляющие сил отталкивания;
v_i – коэффициент Пуассона;
E_i– модуль упругости частицы;
M_{ij} – приведенная масса частиц
$u_{n,ij}$ – проекция относительной скорости точки соударения;
γ_n – коэффициент демпфирования;
$F_{t,ij}$ – сила тяжести, направленная против частицы;
$u_{t,ij}$ – проекция скорости точки контакта C_i относительно скорости точки C_j на ось t_{ij};
φ_t – угол контактного трения между частицами.

Данный подход затрудняет анализ описания режимов работы локальной системы управления дозатором, так как при решении системы уравнений идет рост внутренней сложности системы и увеличение неопределенности параметров. Деформации сдвига ведет к изменению коэффициента трения и плотности. Нарушаются допущения вследствие растягивающих усилий [2].

Рассмотрев два подхода можно сделать вывод: для моделирования дозирования сыпучего продукта лучше использовать подход на основе механики сплошных сред, так как позволяет изучать инерционность дозатора при вариации различных факторов и меньшей вычислительной сложности модели.

Список литературы

1. Ахремчик, О. Л. Расширение параметров состояния бункеров объемных дозаторов мелкодисперсных продуктов / О. Л. Ахремчик, М. Р. Сантос // Сб. трудов научно-практ. конф. «Актуальные проблемы автоматизации и управления». – Челябинск: ЮУрГУ, 2013. – С. 9 – 11.

2. Сантос М.Р., Ахремчик О. Л. Анализ подходов к моделированию процессов истечения мелкодисперсных пищевых сыпучих продуктов из бункеров объемных дозаторов. Материалы 9-ой межд. научно-техн. конференции «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования», 18-19 марта 2014 г., г. Вологда, ВолГУ, С.25-28.

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шумилина Н.А., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Качество инвестиционного проекта оценивают на основе показателей его эффективности. В настоящее время эффективность инвестиционного проекта принято характеризовать следующей системой показателей:

– показатели коммерческой (финансовой) эффективности, учитывающие финансовые последствия для его непосредственных участников.

– показатели бюджетной эффективности, отражающие финансовые последствия осуществления проекта для федерального, регионального или местного бюджета.

– показатели социально-экономической эффективности, учитывающие затраты и результаты, связанные с реализацией проекта, выходящие за пределы прямых финансовых интересов участников инвестиционного проекта.

На промышленных предприятиях решения об инвестировании осуществляется на основании показателей коммерческой эффективности:

– чистую текущую стоимость или чистый дисконтированный доход (Net Present Value, NPV);

– внутреннюю норму доходности (Internal Rate of Return, IRR);

– дисконтированный срок окупаемости проекта (Discounted Payback Period, DPP);

– индекс доходности (Present valueindex, Profitability Index, benefit cost ratio, PI, DPI).

В постановке управленческой задачи объектом управления является процесс, объединяющий ввод и освоение проектных мощностей. Рассматриваем внутренне окружение проекта, которое оказывает влияние на состояние оборудования основного технологического процесса. Параметры состояния объекта управления–уровень $P(t)$ и скорость $P'(t)$ ввода и освоения производственных мощностей. Алгоритм функционирования системы учитывает, что на процесс освоения и ввода проектных мощностей влияют возмущения $F(t)$.Управляющее воздействие $U(t)$,вырабатываемое регулирующей частью, представляет собой некоторую стратегию, которая корректирует поток капиталовложений $G_o(t)$ и затрат $Z(t)$ с учетом цели проекта, тем самым обеспечивая доход $D(t)$, то есть динамику проекта на инвестиционной и эксплуатационной фазах.

Исследование типовой траектории динамики проекта приводит к следующим выводам:

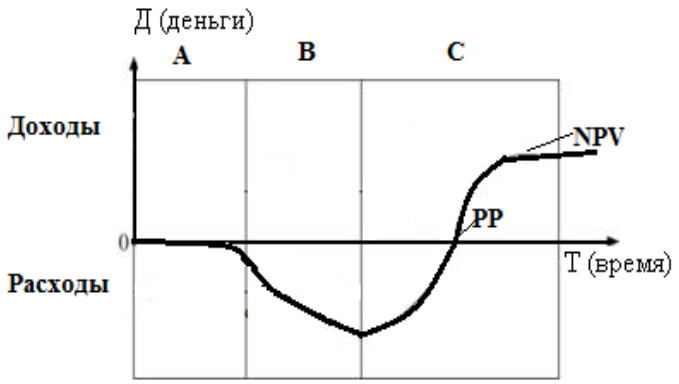
– инвестиционная фаза – инерционное звено первого порядка, следовательно, параметры управления динамикой данной фазы следующие: коэффициент усиления K_I и постоянная времени T_I инвестиционной фазы;

– эксплуатационная фаза – инерционное звено второго порядка, следовательно, параметры управления динамикой данной фазы следующие: коэффициент усиления периода окупаемости K_o и постоянная времени периода окупаемости T_o, коэффициент усиления периода доходности проекта K_d и постоянная времени периода доходности проекта T_d.

Диапазон изменения K_I, K_o, K_d соответствует диапазонам: оптимального объема инвестиций в проект $G_o(t)$, доходов периода окупаемости проекта $D_0(t)$, доходов до завершения проекта $D_t(t)$ (уровень освоения производственной мощности проекта $P(t)$), соответственно.

Диапазон изменения T_I, T_o, T_d соответствует диапазонам: скорости ввода производственной мощности проекта $P'_{ввода}(t)$, скорости производственной мощности до уровня окупаемости проекта $P'_{окуп}(t)$, скорости освоения производственной мощности $P'(t)$ по срокам завершения проекта.

Таблица 1– Динамика и характеристики траектории реализации проекта по фазам жизненного цикла

Фаза проекта	График	Параметры модели
Динамика проекта: А – прединвестиционная фаза; В – инвестиционная фаза; С – эксплуатационная фаза		Вход U(t): $G(t)$ – капиталовложения (инвестиции); $Z(t)$ – затраты (постоянные и переменные). Выход: $D(t)$ – доход/ расход. Переменные состояния: $P(t)$ – уровень ввода и освоения производственных мощностей; $P'(t)$ – скорость ввода и освоения производственных мощностей

Далее в таблицах 2 – 4 представлена динамика проекта по фазам, основываясь на типовых динамических звеньях систем автоматического управления.

Таблица 2 – Динамика и характеристики траектории реализации проекта на прединвестиционной фазе

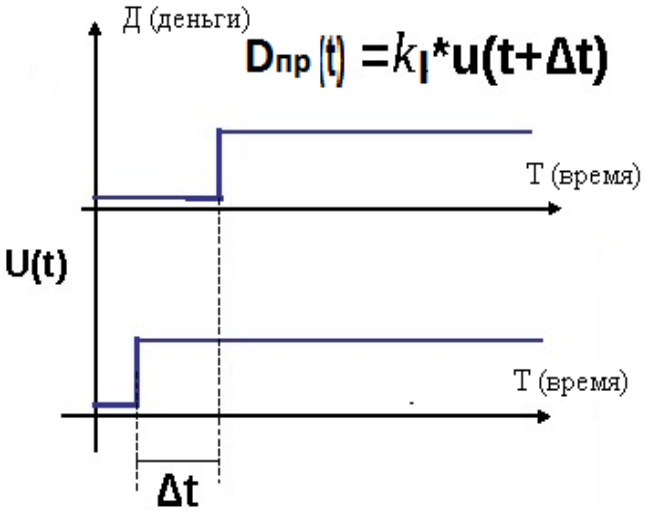
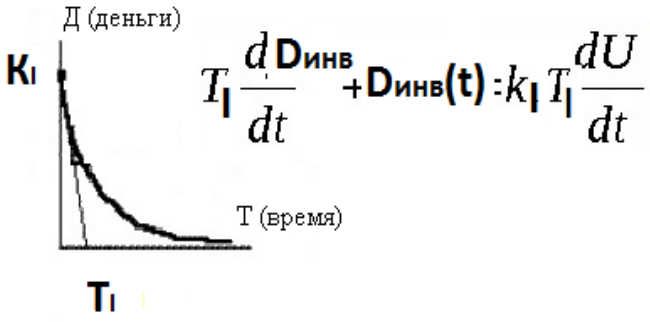
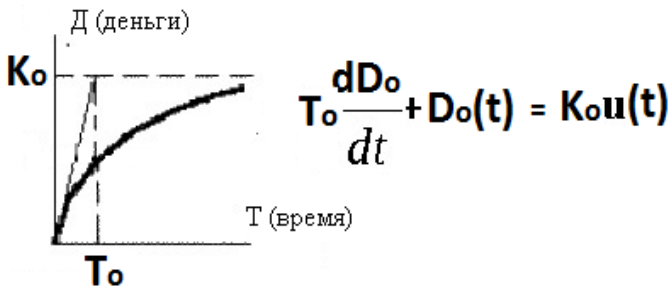
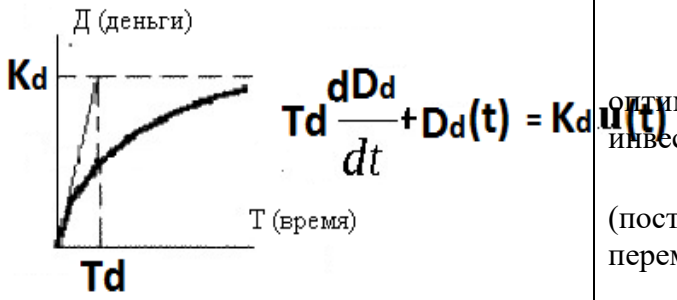
Фаза проекта	График	Параметры модели
Прединвестиционная фаза	 Δt - задержка по времени на исследования, анализ альтернативных вариантов и предварительный выбор, а также подготовка проекта - предварительное обоснование и детальная разработка выводы относительно проекта и решение о его инвестирования; K_I - коэффициент усиления инвестиционной фазы соответствует $G_o(t)$	Вход U(t): $G\ (t)$ – планируется, т.к. только определяются инвестиционные возможности проекта; $Znp(t)$ – затраты на исследования по проектным решениям Выход: $Dnp(t)$ – планируемые значения инвестиций (расход). Переменные состояния: $P(t)$ и $P'(t)$ –равны нулю.

Таблица 3 – Динамика и характеристики траектории реализации проекта на инвестиционной фазе

Фаза проекта	График	Параметры модели
Инвестиционная фаза	 K_I - коэффициент усиления инвестиционной	Вход U(t): $G_o(t)$ – оптимальный объем инвестиций в проект $Zинв(t)$ – затраты на пусконаладочные работы; Выход: $Dинв(t)$ – вложения инвестиций (расход). Переменные состояния:

	фазы соответствует $G_o(t)$ T_I - постоянная времени инвестиционной фазы соответствует $P'_{ввода}(t)$	$P_{ввода}(t)$ - уровень освоенных инвестиционных вложений; $P'_{ввода}(t)$ – скорость ввода производственной мощности проекта

Таблица 4 – Динамика и характеристики траектории реализации проекта на эксплуатационной фазе

Фаза проекта	График	Параметры модели
Эксплуатационная фаза	 K_o - коэффициент усиления эксплуатационной фазы, соответствующий такому значению NPV, при котором $U(t)$ равно $D_0(t)$ T_o - постоянная времени эксплуатационной фазы, соответствующая $P'_{окуп}(t)$	Вход U(t): $G_o(t)$ – оптимальный объем инвестиций в проект $Zo(t)$ – затраты (постоянные и переменные); Выход: $Do(t)$ –. доходы периода окупаемости проекта Переменные состояния: $P_{окуп}(t)$ - уровень производственной мощности окупаемости проекта; $P'_{окуп}(t)$ - скорости производственной мощности до уровня окупаемости проекта
	 K_d - коэффициент усиления эксплуатационной фазы, соответствующий такому значению NPV, при котором $U(t)$ равно $Dd(t)$	Вход U(t): $G_o(t)$ – оптимальный объем инвестиций в проект $Zd(t)$ – затраты (постоянные и переменные); Выход: $Dd(t)$ –. доходы периода при выходе проекта на полную мощность Переменные состояния: $P(t)$ - уровень

	T_d - постоянная времени эксплуатационной фазы, соответствующая $P'(t)$	полной производственной мощности проекта; $P'(t)$ - скорости полной производственной мощности проекта

Анализируя взаимосвязь параметров постановки управленческой задачи и параметров оценки эффективности проекта определяем следующий набор показателей качества управления проектом:

NPV– устойчивость проекта.

IRR, PI– точность проекта.

DPP– быстродействие проекта.

Для определения перечисленных показателей с позиции теории автоматического управления возможно использование система моделирования инвестиционных проектов[1].Предлагаемый подход моделирования динамики развития инвестиционного проекта позволяет определять оптимальное значение показателей качества проекта путем проведения многовариантных расчетов и моделирования результатов.

Список литературы

1. Прикладная программа «Система моделирования инвестиционных проектов», свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2018610463 (Роспатент) / Н.А Шумилина., Т.В. Гаибова., Е.Н. Грищин, правообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». заявка № 2017661595, дата поступления 13.11.2017, дата регистрации 11.01.2018 г.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РАБОТЕ С ПРОМЫШЛЕННЫМИИ РОБОТАМИ

Юдин В.И., Русяев А.С., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Производство деталей для летательных аппаратов является очень ответственным и трудоёмким, поскольку требуемая точность изготовления высока, а технологические процессы изготовления некоторых деталей достаточно сложны. Поэтому с самого своего появления в индустрии начали получать широкое распространение высокоточные промышленные роботы манипуляторы, которые могут применяться для множества различных задач[1]:

– транспортировка материалов и деталей;
– обслуживание машин и ЧПУ станков;
– сварка и наплавка;
– нанесение покрытий напылением;
– сборка;
– контроль качества;
– литьё;
– механическая обработка.

Одним из частых применений промышленных роботов является сварка. Так, в России за период с 2016 по 2018 год 35 из 55 опрошенных интеграторов поставляли промышленных роботов для использования в сварочных операциях [2].Сварочный шов должен вестись непрерывно, а потому классическое онлайн программирование (программирование с пульта или запоминанием точек) становится неэффективным в случае с деталями обладающими сложной криволинейной формой.

Однако в настоящее время у передовых производителей, таких как KUKA, ABB иFANUC,имеются свои среды так называемого оффлайн-программирования и визуального моделированияKUKA.Sim, Roboguideи RobotStudiocоответственно (рисунок 1). Также существуют сторонние среды программирования, например SprutCAMRobot и RoboDK.

Эти программные средства позволяют:

–программировать автономно;
– создавать управляющие программы вручную;
– создавать управляющие программы с помощью 3D-моделей;
– производить симуляцию движений робота по полученной программе;
– моделировать всю рабочую сцену с помощью внутренних или внешних CAD систем.

Также, как правило, такие программы в своем составе имеют базовые библиотеки с 3D-моделями всех производимых соответствующей компанией роботов и совместимого оборудования, а в ABBRobotStudio даже имеется возможность загружать модели других пользователей из онлайн библиотеки.

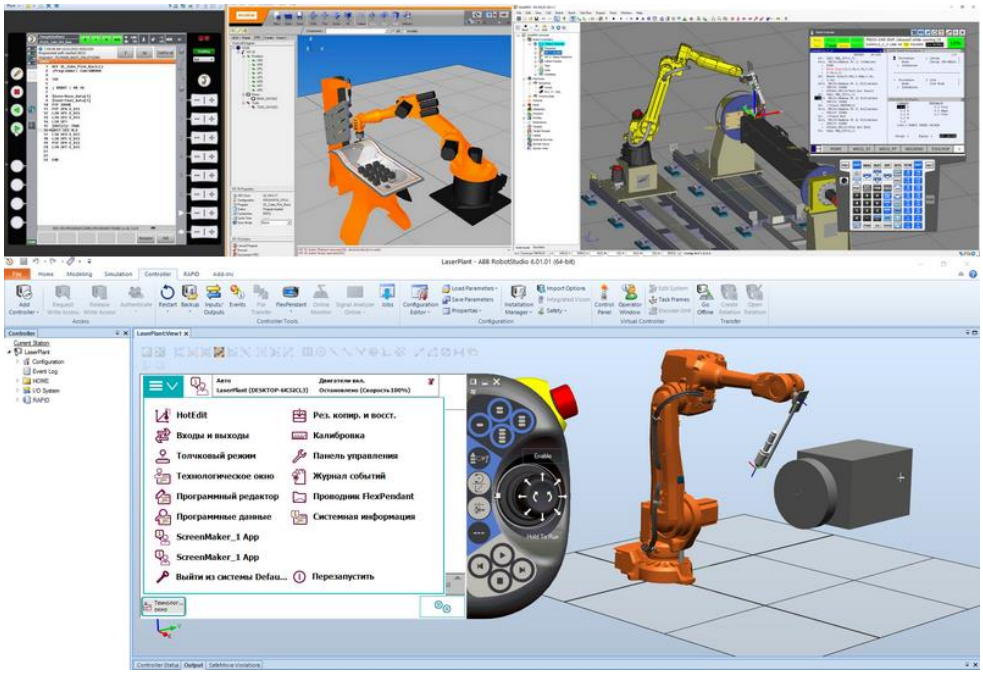


Рисунок 1 – KUKA.SIM, FANUC Roboguide, ABB RobotStudio

Рассмотрим пример применения 3D-моделей. На предприятиях Оренбургской области активно используются установки лазерной наплавки, в состав которой может входить робот, например,ABBIRB4600. Его программирование осуществлялось самым простым способом: запоминанием координат точек на детали и конфигурации звеньев манипулятора в этих точках. Данный метод удобен при наплавке простых деталей, например, деталей типа вал. Достаточно указания всего лишь двух точек для получения винтовой наплавки. Однако, есть планы по обработке не только валов, но и других деталей, обладающих более сложной геометрией. В таком случае наличие 3D-копии реальной установки сильно упростит работу. Поэтому было принято решение о воссоздании рабочей сцены в 3D. На рисунке 2 представлено изображение 3D-модели лазерной головы, созданной в САПР Компас-3D.

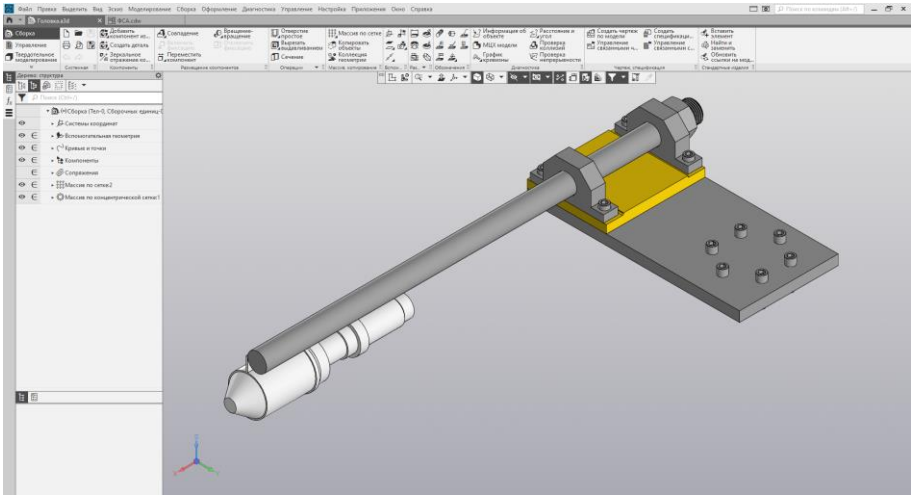


Рисунок 2 – 3D-модель лазерной головы

Модель импортируется в RobotStudio и с помощью команды CreateTool на её основе создается инструмент. Главным параметром инструмента является его вершина или центральная точка(англ.: toolcenterpoint, TCP), то есть та точка, которой инструмент должен будет контактировать с деталью. Соответственно, в случае с лазером TCPдолжна быть установлена в точке фокуса лазерного излучения. После создания инструмент можно установить на робота, рисунок 3.

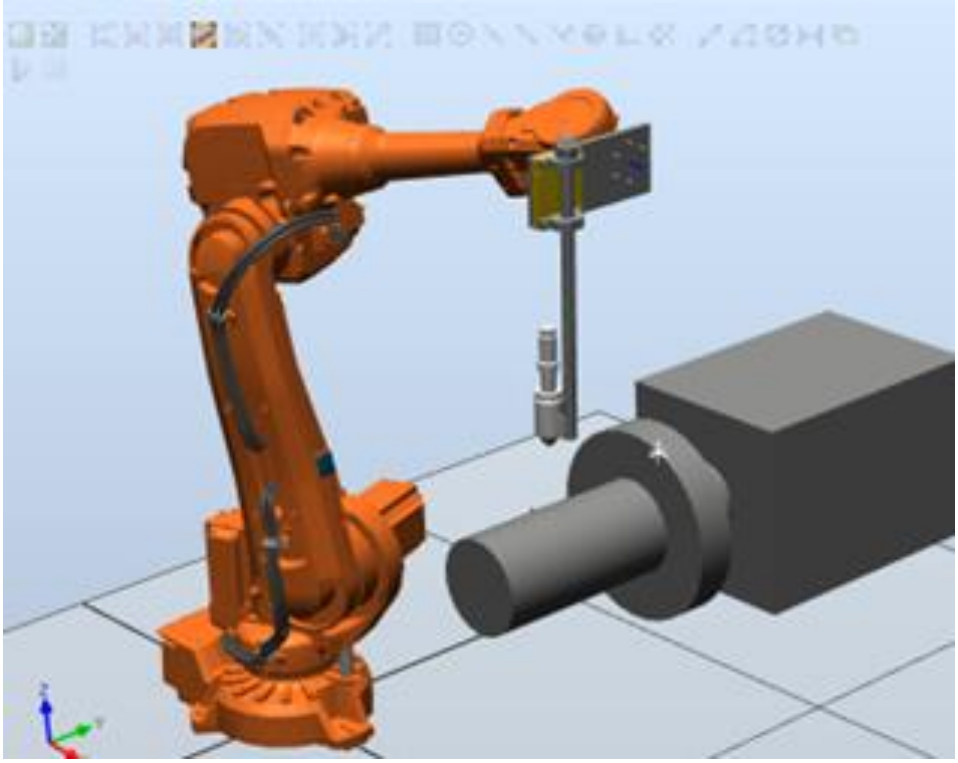


Рисунок 3 – Лазерная голова, установленная на робота

Модель робота была взята из стандартной библиотеки. Схожим с инструментом образом в рабочую сцену будут добавлены модель станка-держателя и рельс, по которым перемещается робот.

Другим достоинством упомянутых ранее сред разработки является возможность работы с виртуальным пультом, который полностью соответствует настоящему. Это позволит подробно изучить разделы и интерфейс в целом без риска изменить какую-либо критическую настройку. Другими словами, с помощью данных программ можно обучить как оператора, так и программиста ещё до приобретения самого промышленного робота, а когда оборудование будет получено и установлено, с помощью этих сред можно будет предварительно отрабатывать программы.

Также, благодаря описанным выше возможностям, эти программы помогают в изучении промышленных роботов не только на производстве, но и студентам в университетах. На кафедре систем автоматизации производства Оренбургского государственного университета для этих целей применяется RobotStudio.

Однако, в связи смировой обстановкой, возникшей в прошлом году, компания ABBпокинула российский рынок и прекратила поддержку продуктов на территории нашей страны, что несколько осложнило образовательный процесс, но было найдено некоторое временное решение. Отечественным производителям следует сделать выводы из данной ситуации и начать развивать сотрудничество с российскими ВУЗами.

Список литературы

1. Шахинпур,М. Курс робототехники / М. Шахинпур; пер. с англ. С. С. Дмитриева. – Москва: Мир, 1990. – 572 с.

2. Топ-30 интеграторов промышленных роботов в России 2019[Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Топ-30_интеграторов_промышленных_роботов_в_России.