СЕКЦИЯ 11

НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА Акимов С.С. 1466

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С. 1470

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КАЛИБРОВКИ ПРОФИЛИМЕРА ПТС-100 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ Белов М.В., Русяев А.С., канд. техн. наук 1475

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГПС Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Копылова В.А. 1481

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНИК ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент, Корнипаева А.А., канд. техн. наук 1485

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО PVD МЕТОДОМ Барышников В.В., Заярский Д.А., Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор 1488

ОСВОЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО УРОВНЯМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА КАФЕДРЕ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ Шумилина Н.А., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент 1494

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ Живанов О.А., Гаврилов А.А., канд.техн.наук..... 1501

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Горбунов А. А., канд.техн.наук, доцент, Припадчев А. Д., д-р техн. наук, профессор, Магдин А. Г., канд.техн.наук., Калинина И.С. канд.техн. наук., доцент, Псянчина Р.Р. 1504

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ ПОЛОСТИ Деревянкина С.Н., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент 1508

ОПТИМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ, ИМЕЮЩЕЙ ПОЛОСТИ Деревянкина С.Н., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент 1512

МЕТОДЫ НАСТРОЙКИ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Дудоров В.Б., доцент 1516

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТРЕНДЫ В МИРОВОЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ Езерская Е.М. канд.пед.наук, Езерский Д.С. 1520

РАЗНОВИДНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ Езерская Е.М., канд.пед.наук, Езерский Д.С., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук .. 1523

ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА Емельянов А.Д., ... 1528

АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ Жумашева Б.К., Акимов С.С., Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор .. 1532

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА ПОДАЧИ ТРУБ Зиновьев Д. Д., Никитина И. П., канд. техн. наук, доцент 1536

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И БОРИДА ХРОМА, ПОЛУЧЕННОГО ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ Иванов П.А., Николаева Д.Н., Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор, Оплеснин С.П. 1543

ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ Кабаков Н.А. 1548

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ Кайшаева В.О., Азирбаев Р.Т., Гаврилов А.А., канд. техн. наук 1551

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ Какунин Н.В., Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор 1556

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЕЙ ТРЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Кутырев Г. В. 1560

ПОСТРОЕНИЕ CAD-МОДЕЛИ СТАНДАРТНОГО ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Логинов В. А. 1566

СИСТЕМЫ РАСКРЫТИЯ РУЛЕЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Карамсаков А.А., Езерская Е.М. канд.пед.наук, Назаров А.Ю. 1571

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ Клещарева Г. А., канд.техн.наук, доцент, Климова Э.З., Клещарев И. В., Федоров М.В. 1574

ВИБРОДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ Крассовская Т.В., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент., Суетина С.Ю. 1577

УСТАНОВКА ДЛЯ ВИБРОДИГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ Крассовская Т.В., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент, Суетина С.Ю. 1582

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОБВОДА РАДИОПРОЗРАЧНОГО ОБТЕКАТЕЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Кудрявцев Д.В., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук; Нестеренко Р.А. 1587

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В РАКЕТОСТРОЕНИИ Магдин А. Г., канд. техн. наук, Припадчев А. Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А. А., канд. техн. наук, доцент, Арискин В.С. 1591

ТЕРМООБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент1596

ИССЛЕДОВАНИЕ КРЫЛА С УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ Миронова Е.М., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент..... 1601

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРИСВОЕНИЯ ПРИОРИТЕТА ЗАЯВКАМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Мишин А.А., Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент 1605

МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ Назаров А.Ю., Езерская Е.М. канд.пед.наук, Карамсаков А.А. 1610

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Нестеренко Р.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Кудрявцев Д.В..... 1615

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАКЕТОСТРОЕНИИ Панарина О.В. 1619

МЕТОДИКА НАЧАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ В КОМПЛЕКСЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА КОНЦЕПТУАЛЬНОМ УРОВНЕ Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Е.В. Каширских 1623

ТЕХНОЛОГИИ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОПК Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор, Гончаров А.Н., канд. техн. наук,доцент, Каменев С.В., канд. техн. наук,доцент, Никитина И.П., канд. техн. наук,доцент, Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент 1628

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ ВНУТРЕННИХ СФЕР С КРУПНЫМ РАДИУСОМ Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Майранц Э.Л..... 1633

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ФАСОВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ Поляков Н.С., Галина Л.В. канд. техн. наук, доцент 1637

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ Потехин А.А., Шалимов А.В., Крылова С.Е. д-р техн. наук, доцент, Плесовских А.Ю. 1641

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ В КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчева Л.В. 1646

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕБНОГО СТЕНДА Карякин Н.В., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 1649

О ПРОБЛЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ Рыбкина А.В., Тугов В.В., канд.техн.наук, доцент 1652

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ НАЛАДКЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК В КОНДУКТОРЕ Саламатин Р.А. 1656

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА Седова А.М. 1659

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ СТАНКОВ Селезнев М.В. 1663

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА БУРОВЫХ УСТАНОВОК Сергеев А.И., д-р техн. наук, доцент, Гуньков С.А. 1667

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Сергеев А.И., д-р техн. наук, доцент, Непейн А.В. 1672

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТЧИКОВ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЦЕХАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ Соколов Д.В. 1675

УПРОЧНЕНИЕ ПЛУНЖЕРОВ НАСОСОВ МЕТОДОМ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р. 1680

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКАХ СТАНДАРТА МЭК 61131 Токсанбаева Б.А. [1], Султанов Н.З.[1], д-р техн.наук, профессор, Даев Ж.А.[2], канд.техн.наук, Ph.D., профессор 1687

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОРОГА ГАРАНТИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ С КОНТЕКСТОМ Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С..... 1690

О ВОПРОСАХ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ СБОРА ГАЗА Ульянова Т.С., Боровский А.С., д-р техн. наук, доцент..... 1694

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ Фёдоров М.В., Климова Э.З., Михайленко Е.А. 1698

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРЕДПРИЯТИИ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ Фидлер В.В., Тугов В.В., канд. техн. наук, доцент1706

ЭКОЛОГИЧНЫЕ АНАЛОГИ КЛАССИЧЕСКОГО АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА Черникова В.Ф., Хайбуллина К.Р..... 1710

ПРОБЛЕМЫ САПР ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «ДИСК» Халилов Р.Р., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент 1714

ОБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ Хисамутдинов Н.Ф., Бондарев В.В., Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор..... 1718

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОКАРОВ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА УЧАСТКЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Чаркин А. В., Черноусова А. М. канд. техн. наук, доцент..... 1723

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА Шопанова Г.Е.[1], Султанов Н.З.[1], д-р техн.наук, профессор, Даев Ж.А.[2], канд.техн.наук, Ph.D., профессор 1727

ИНТЕГРАЦИЯ В ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент, Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент .. 1731

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ Шумилин В.А., Шумилина Н.А., Проскурин Д. А., канд. техн. наук, доцент 1734

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

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

На сегодняшний момент внедрение информационных технологий позволяет оптимизировать все сферы человеческой жизни. Наряду с промышленными предприятиями, современные интеллектуальные технологии управления, в настоящее время, широко применяются в отрасли сельского хозяйства.

Роль сельского хозяйства для нашей страны сложно переоценить. В настоящее время наметилась тенденция к значительному увеличению сельскохозяйственного производства. За пятилетний период рост производства сельскохозяйственной продукции составил 800 миллиардов рублей, доля экспорта данного вида продукции превысила 7% на мировом рынке. Данное положение дел стало возможным благодаря принимаемым мерам по поддержке сельскохозяйственных производителей, включающими в себя ряд законов и иных нормативных актов.

Проблемы сельского хозяйства, на сегодняшний момент заключаются в точном планировании, поскольку данная отрасль характеризуется повышенными требованиями к соблюдению сроков, что касается и растениеводства, и животноводства. Потому достаточно больше количество исследователей в данной сфере считает, что для полноценного управления хозяйством сельскохозяйственной отрасли необходимо создание интеллектуальных систем поддержки принятия решения [1].

В то же время остается нерешенной проблема недостаточного производства продукции молочного животноводства для обеспечения продовольственной безопасности страны. Согласно установленным стандартам, нормальным считается обеспечение 90% потребности за счет собственного производства, однако в сфере молочного животноводства данный показатель составляет всего 80% [2].

Данное обстоятельство обусловлено рядом системны проблем, решить которые возможно только при помощи новых, современных методов управления молочным животноводством, базирующимся на комплексировании факторов, воздействующих на продуктивность, разработки математических моделей управления и дальнейшей их реализации в виде систем поддержки принятия решения на основе цифрового двойника.

Это происходит, в том числе потому, что для данной сферы разработано крайне мало интеллектуальных решений, способных повысить уровень производства молочной продукции. В противовес этому, например, в сфере растениеводства достаточно давно уже применяют беспилотные летательные аппараты с системой аэрофото- и видеосъемки и распознавания образов; интеллектуальный анализ данных в сфере прогнозирования урожайности и качества получаемого урожая; цифровые двойники различных хозяйств, обеспечивающие максимально

точный учет и дающие потенциальную возможность смоделировать ту или иную задачу и конкретное условие реализации [3].

Одной из проблем управления в молочном скотоводстве является оперативная оценка данных, позволяющих анализировать ключевые характеристики состояния животных и корректировать их для достижения наибольшей продуктивности. Ключевой аспект данной проблемы заключается в том, что обозначенные данные разноформатные, принадлежащие разным объектам, что затрудняет их комплексную характеристику [4].

На сегодня значимым способом оценки состояния объектов живой природы является микроэлементный состав, определенный четыремя группами важнейших химических элементов Микроэлементный состав растений оказывает существенное влияние на их рост, состав кормов существенно влияет на минеральный обмен, и переваримость кормов в целом, а микроэлементный состав биосубстратов животного может являться ключевой характеристикой его состояния здоровья, а, следовательно, и конечной продуктивности [5].

Таким образом, задача повышения продуктивности молочного скотоводства сводится к нахождению определенных сочетаний элементов в кормах и в биосубстатах животных, при которых продуктивность становится максимальной.

Построение алгоритма оценки продуктивности молочного скотоводства на основе элементного статуса базировалось на основе перечисленных методов и процедур, с применением формальной логики действий. Разработка схемы системы поддержки принятия решений проводилась универсальным методом, без привязки к конкретному языку программирования и может быть реализована на любом из них.

Кормовая база для молочного скотоводства как правило, представлена определенным набором кормовых культур и включает, также различные кормовые добавки. Элементный статус кормовых культур подлежит измерению, состав же кормовых добавок известен априори, что может быть использовано для корректировки питания животных с целью регулирования элементного состава в организме последних.

Сказанное выше дает основу для сведения задачи повышения производительности молочного скотоводства к многокритериальной задаче оптимизации элементного статуса в кормах и организмах животных с рядом ограничений, связанных с нормами содержания элементов.

При стандартной постановке задачи оценки продуктивности молочного скотоводства путем увязки различных элементов состояния животных и кормовой базы возникает проблема комплексирования информации поскольку корма, добавки и группы молочного скота измеряются в различных единицах и шкалах.

Однако если представить весь процесс как движение микроэлементов, то данная проблема может быть успешно решена. Обмен веществ происходит в организме животного, и, при грубом приближении, заключается в поступлении и выбытии различных веществ.

Вещества содержат различные химические элементы, в том числе ключевые микроэлементы, определяющие продуктивность молочного животноводства. В таком случае модель продуктивности сводится к изучению динамике поступлений и выбытий веществ и микроэлементов в организм животных.

Для реализации описанного выше подхода составим алгоритм оценки продуктивности на основе элементного статуса (рисунок 1).

Рисунок 1 – Алгоритм оценки продуктивности молочного скотоводства на основе элементного статуса

Таким образом, приведение общего алгоритма взаимодействия разноформатных данных на итоговую продуктивность позволяет разработать систему поддержки принятия решений для повышения продуктивности молочного скотоводства.

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. Израэль, Ю.А. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России / Ю.А. Израэль, О.Д. Сиротенко // Метеорология и гидрология. - 2003. - № 6. - С.5-17.

3. Трипкош, В. А. Оценка временной сложности алгоритмов распознавания, основанных на решении составной байесовской задачи / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 1. – С. 24-28.

4. Михайленко, И.М. Математическое моделирование и оценивание химического состояния почвенной среды по данным дистанционного зондирования Земли / И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин // Международный научно-исследовательский журнал. - 2018. - №9-2(75). - С.26-37.

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

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТО-ТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

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

На сегодняшний момент времени, информационно-управляющие системы являются надежным инструментом, предназначенным для разработки и принятия оправданных управленческих решений на современных производственных предприятиях [1].

Современное состояние развития робототехнических систем ставит перед производством новый класс задач, решение которых зависит от точности и быстродействия подобных систем. Наиболее перспективным решением указанного класса задач является дальнейшее развитие мехатронных модулей и робототехнических систем, обладающих целым рядом преимуществ при обеспечении точности и быстроты действия каждого конкретного мехатронного и робототехнического модуля.

Особым отличительным признаком мехатронной системы от любой другой является наличие обязательного перемещения механических частей (манипуляторов, захватов) с целью выполнения какой-либо функции в производственном процессе [2].

В настоящее время актуальны проблемы управления робототехническими комплексами, вне зависимости от уровня и среды управления. Одним из важнейших направлений робототехники является создание промышленных роботов, основой для которых является манипулятор.

Манипулирование подвижными частями робота для точного выполнения промышленных задач является одной из задач управления в области робототехники [3]. Данная задача решается имеет решение в виде построения определенных кинематических схем, а также разработкой систем программно-аппаратного назначения.

Вне зависимости от вида промышленного робота для его управления необходимо четкое понимание программных и аппаратных средств, входящих в структуру данного робота. От этого зависит точность траектории его движений, быстродействие работы, и, главное, отсутствие лишних, заведомо ошибочных движении, которые нарушают производственный цикл промышленных предприятий [4].

Для достижения указанных задач необходимо понимание программно-аппаратной структуры робототехнического комплекса, с учетом взаимодействия различных интерфейсов и приборов, обеспечивающих работу всего комплекса.

Далее рассмотрим объект исследования, использованный в рамках данной статьи.

В качестве объекта исследования рассматривается робот KUKA KR AGILUS, представляющий собой мобильный манипулятор, для которого характерен открытый программный код. Данное робототехническое оборудование может быть применено в научно-исследовательских или же образовательных целях.

Внешний вид робота манипулятора и рабочие зоны его возможного применения отображены на рисунке 1.

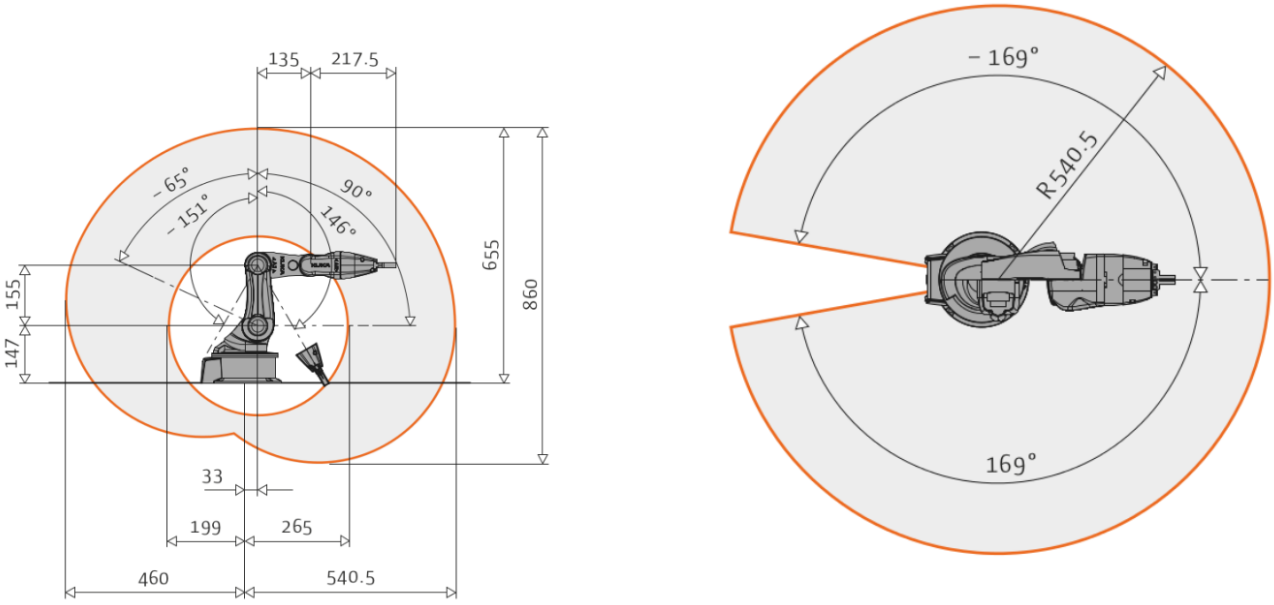


Рисунок 1 – Границы и размеры рабочей области манипулятора [5]

Роботы манипуляторы промышленного типа от компании KUKA представляют собой робототехнические комплексы, спроектированные для нужд промышленного производства. Рабочее движение осуществляется посредством заранее наспанной программы, для чего использован специализированный язык открытого типа KRL.

Программа действия робототехнического комплекса спроектирована таким образом, что может осуществить проверку наличия или отсутствия внешних управляющих сигналов и, в зависимости от их поступления, активизировать работу по одному из написанных и занесенных в контроллер алгоритмов ветвистой структуры.

При этом контроль выполнения программы может осуществляться диспетчером или оператором управления роботом, для чего применяется специальный пульт управления.

Отметим, что обеспечение выполнения преобразования поступающей в мехатронный модуль информации о процессе рабочего движения является важнейшей задачей мехатронной системы. Программа движения, в свою очередь, имеет определяющие входные переменные и характеризуется целенаправленным управлением двигательной функции, с целью получить конкретные выходные параметры для конечного звена [6].

Ряд исследовательских и методических задач предполагают наличие возможности максимально плотного контроля для управления робототехническими модулями. При этом зачастую бывает необходимо варьировать параметрами управления, в том числе выбирать режим перемещения отдельных звеньев и узлов робота, задавать параметры ускорения/замедления, менять скоростные режимы.

Однако необходимо помнить, что одной из ключевых эксплуатационных характеристик робототехнического комплекса является безопасность работы с ним, а с точки зрения современны требований эргономики – интуитивно понятный интерфейс. Причем последнее желательно реализовывать стандартными средствами управления.

Для роботов KUKA применяется стандартная система управления закрытого типа, которая, несмотря на свои преимущества в быстродействии не предполагает обеспечение полноценного сетевого взаимодействия с внешними интерфейсами, для чего требуется отдельное рассмотрение программно-аппаратной структуры.

Рассмотрим аппаратную структуру системы управления роботом KUKA (рисунок 2).

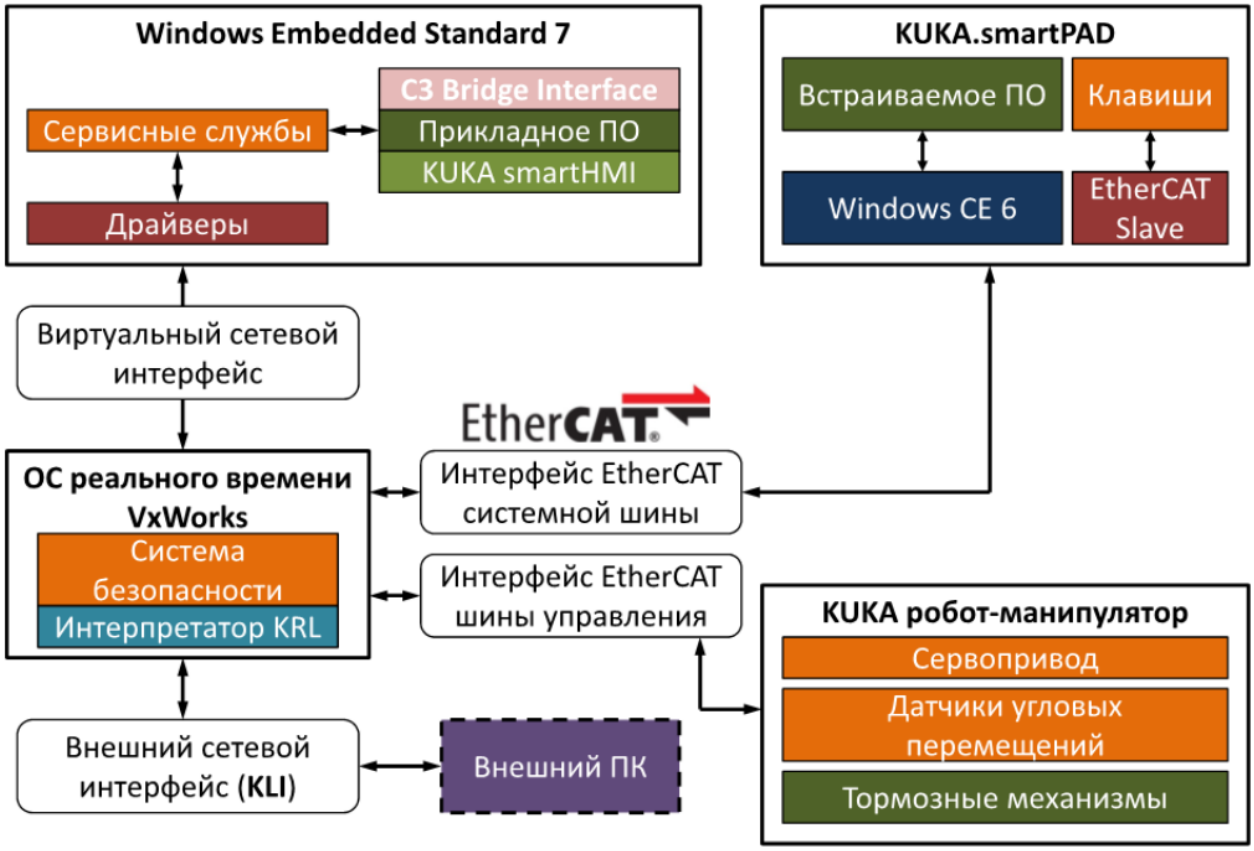


Рисунок 2 – Схема программно-аппаратной структуры управления роботом KUKA [7]

В ее основе расположен двухъядерный процессор, совместимый с основами устройствами IBM PC. За каждое из ядер процессора отвечает отдельная операционная система, представленная системой Microsoft Windows Embedded Standard 7 и системой Wind River Systems VxWorks. Общая оперативная память разделяется между ядрами поровну. VxWorks, к тому же, обеспечивает управление аппаратной частью посредством использования сети EtherCAT, реализацию протоколов безопасности, работу с синтаксисом KRL.

Операционная система Windows Embedded Standard опбеспечивает первоначальное включение и загрузку системы, а также решает ряд прикладных задач. К этим задача относятся взаимодействие с второй системой, обеспечение работы графического интерфейса и другие.

Отдельным устройством является пульт управления KUKA.smartPAD, функционирует как устройство ввода/вывода, обеспечивая локальное оперативное управление.

Таким образом, в работе приведен программно-аппаратный комплекс системы управления роботом KUKA, перечислены основные устройства и системы, показано взаимодействие между ними.

Список литературы

1. Трипкош, В. А. Место и роль технологий распознавания ситуаций при разработке и принятии управленческих решений в информационно-управляющих системах предприятий и организаций / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Актуальные проблемы экономической деятельности и образо-вания в современных условиях : Сборник научных трудов Тринадцатой Меж-дународной научно-практической конференции, Оренбург, 25 апреля 2018 года. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-инновационный центр", 2018. – С. 310-315.

2. Фролов, М. А. Уравнение движения манипулятора мобильного робота KUKA youbot / М. А. Фролов // Контенант. – 2020. – Т. 19. – № 3. – С. 43-51.

3. Трипкош, В. А. Особенности построения системы управления мехатронными модулями / В. А. Трипкош, 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. 220-223.

4. Трипкош, В. А. Оценка временной сложности алгоритмов распознава-ния, основанных на решении составной байесовской задачи / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 1. – С. 24-28.

5. Управление мехатронной системой на базе многозвенных роботов-манипуляторов / Н. Н. Гурский, Ю. А. Скудняков, В. С. Артющик, А. Н. Безручко // Наука и техника. – 2019. – Т. 18. – № 4. – С. 350-354

6. Трипкош, В. А. Алгоритмы принятия решений для комбинированных систем автоматического распознавания образов / В. А. Трипкош, С. С. Аки-

мов // 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.

7. Лавыгин, Д. С. Программный интерфейс для удалённого управления промышленными роботами KUKA / Д. С. Лавыгин, В. В. Левщанов, В. В. Приходько // Экстремальная робототехника. – 2020. – Т. 1. – № 1. – С. 73-77.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КАЛИБРОВКИ ПРОФИЛИМЕРА ПТС-100 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ

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

Топливо-энергетический комплекс занимает 56% промышленности Оренбуржья. Свыше 20 нефтедобывающих и газодобывающих компаний, таких как ПАО «Газпром нефть», ПАО НК «РуссНефть», ПАО НК «Роснефть» *[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.

Профилеметрия является одним из основных методов контроля над целостностью обсадных колонн и муфт в обсаженных трубами скважинах, который заключается в измерение формы, радиусов и диаметров поперечных сечений (рисунок 1), а также, их изменение с глубиной на отрезке работы прибора при его подъёме. В скважинах, при эксплуатации, обсадке и каротаже, могут образовываться неровности, повреждения трубы или муфты, также существует риск появления «желоба», возникающего в результате трения каротажного кабеля о стенку «висячего» бока наклонной скважины при подъёме скважинного оборудования [2].

Профилемер – прибор, предназначенный для оценки состояния нефтяных и газовых скважин методом измерения диаметра муфтовых соединений и обсадных колонн [3, 4].

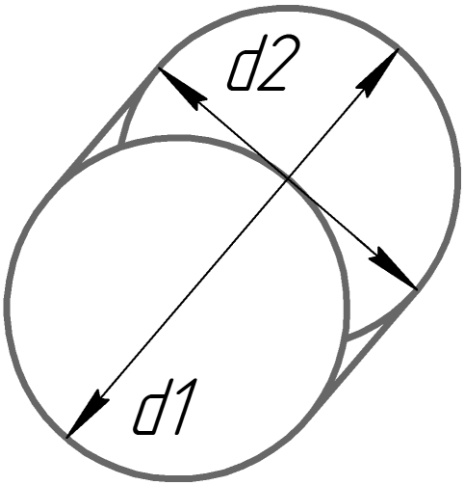


Рисунок 1 – Схема измерения профилемером

Профилемер трубный скважинный ПТС-100 (рисунок 2) предназначен для:

– исследования технического состояния обсадных колонн и муфт нефтяных и газовых скважин диаметром от 100 до 300 мм;

– проведения измерения в обсаженных скважинах, заполненных буровым раствором, при температуре среды до 120ºС и гидростатическом давлении до 80 МПа;

– обеспечения одновременного измерения восьми радиусов, от оси прибора, с целью обнаружения нарушения внутренней целостности обсадных колонн и муфтовых соединений.

Рисунок 2 – Внешний вид профилемера трубного скважинного ПТС-100

Профилемер состоит из двух блоков: электронного и электромеханического. Связь с регистратором осуществляется по геофизическому грузонесущему трехжильному кабелю (рисунок 3). Четвертая жила организуется через корпус прибора, колонну или породу прилегающую к скважине.

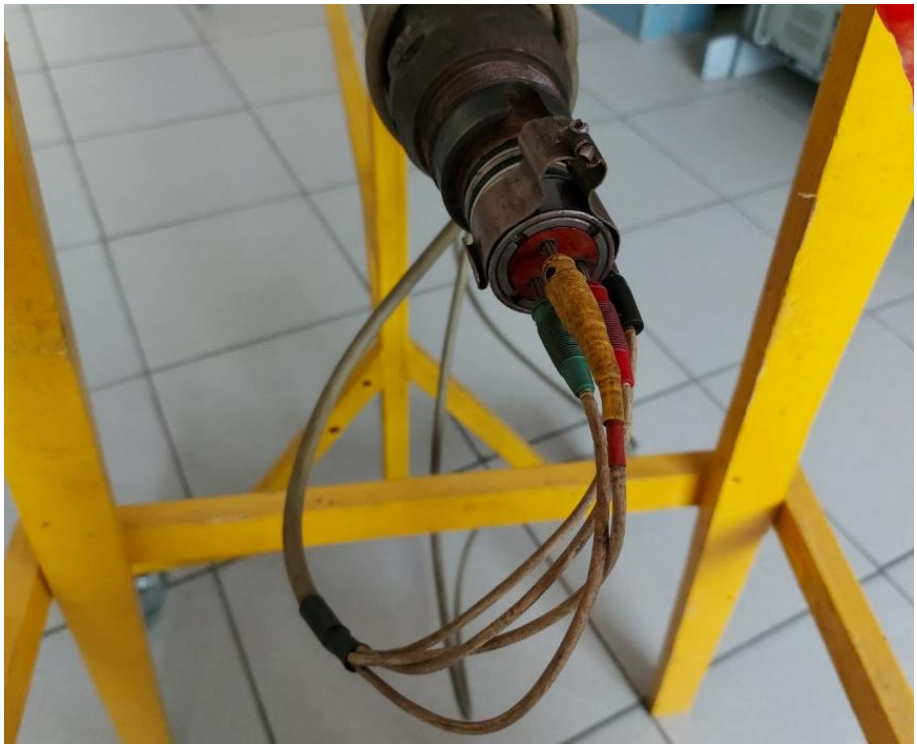


Рисунок 3 – Соединение передающего кабеля во время ручной калибровки

Электромеханический блок содержит электродвигатель и привод, которые служат для многократного раскрытия и закрытия рычагов. К каждому из восьми рычагов подключен резистивный датчик, который обеспечивает измерение радиусов.

Электронный блок содержит схемы усиления сигналов от резистивных датчиков, преобразования их в цифровую форму, в кодировку Манчестер-II, с последующей передачей на регистратор.

Прибор может функционировать в двух режимах:

– режим закрытия (раскрытия) рычагов;

– режим регистрации радиусов с рычагов.

Режим работы профилемера зависит от подачи напряжения положительной полярности по первой (I) жиле на блоки реле и питания (рисунок 4).

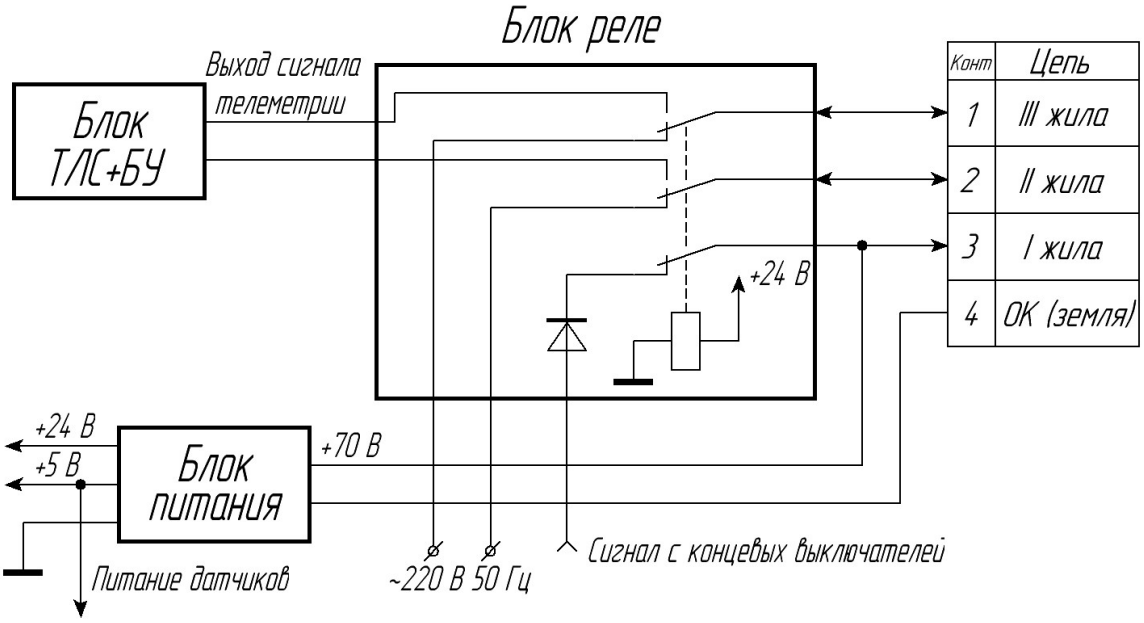


Рисунок 4 – Функциональная схема блока реле и блока питания ПТС-100

При подаче в первую жилу напряжения положительной полярности включается режим регистрации, включается блок питания, обеспечивающий питание узлов и резистивных датчиков напряжением +24 В, +5 В. От напряжения +24 В срабатывает реле и подключает ко второй (II) и третьей (III) жиле сигнальной трансформатор, который находится на плате передатчика телеметрической линии связи (ТЛС) и блока управления (БУ), тем самым обеспечивая приём командной и передачу измерительной информации с датчиков.

При отсутствии питания на первой жиле профилемер находится в режиме раскрытия (закрытия) рычагов, при котором через вторую и третью жилу кабеля осуществляется питание двигателя напряжением 220 В частоты 50 Гц. Направление вращения двигателя определяется тем, какая из жил подключена непосредственно, а какая через фазосдвигающий конденсатор. Контроль за окончанием процесса раскрытия (закрытия) рычагов осуществляется при помощи концевых выключателей, по величине отрицательного напряжения, протекающего через первую жилу кабеля [5].

Одним из иностранных аналогов ПТС-100 является продукция компании Sondex Wireline (Великобритания), многорычажные профилемеры (рисунок 5), количество рычагов которых может варьироваться от модели к модели, от 24 до 60. Эти приборы способны работать в скважинах с наклоном до 90 градусов, благодаря хорошим центраторам, и проводить 3D-моделирование скважины [6].

Рисунок 5 – Многорычажный профилемер с 40 рычагами (MIT 40 finger)

Сравнение характеристик иностранного профилемера Sondex MIT 40 finger и ПТС-100 приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение основных (рабочих) характеристик профилемеров

Параметр	ПТС-100	MIT 40 finger
Количество рычагов, шт	8	40
Диаметр прибора, мм	100	70
Длинна устройства, мм	3730	1385
Диаметр колонны, мм	110-340	75-178
Максимальная рабочая температура (tmax), ºС	120	177
Максимальная рабочее давление (Pmax), МПа	80	138
Масса прибора без дополнительных устройств, кг	83	31,25
Напряжение питания, подаваемое с регистратора, В	110	180

Допускаемая абсолютная основная погрешность вносимая профилемером ПТС-100 при измерении радиусов не должна превышать ±1,2 мм на радиус или ±2,4 мм на диаметр.

От точности профилемера зависит возможность выявления повреждения обсадных труб, их обрывов и рассоединений по муфтам. Точность, на необходимом уровне, поддерживают метрологи, проводя регулярные, плановые калибровки.

Автоматическая калибровка профилемеров может осуществляться с помощью установок УПК-1 (рисунок 6) и УАК-Кав-700, однако они достаточно массивны, занимают много места, отнимают большое количество рабочего времени, при этом требуется задействовать от двух человек и более, или подъемник (тельфер) для установки калибруемого прибора в установку, также они способны проводить проверку только фиксированных значений, исключая возможность получения промежуточных результатов [7].

В случае ручной калибровки применяется специальное компактное калибровочное устройство (рисунок 7), и регистратор, для наблюдения за изменением значения радиусов рычагов профилемера относительно меток на устройстве. Процесс проверки достаточно длительный, что усиливается влияние человеческого фактора на точность калибровки.

При разработке компактного автоматизированного калибровочного устройства, приспособление должно проводить проверку и запись показаний с каждого рычага профилимера и механической части приспособления в автоматическом режиме, оставляя за оператором обязанность перестановки рычагов. Схема питания, должна питать не только устройство, но и профилемер с приводом рычагов, при этом имитируя сопротивлений геофизического грузонесущего кабеля, тем самым обеспечивая его независимость от регистратора, позволяя проводить его техническое обслуживание вне очереди и параллельно с другим приборами. При реализации проект способен вдвое сократить время и трудозатраты необходимые для обслуживания одного прибора. Также, это позволит сделать его независимым от стандартного регистратора и автоматизировать весь цикл поверки и калибровки.

Рисунок 6 – Установки УПК-1

Представленный или схожие проекты способны реализовать, при небольшой подготовке студенты направлений: автоматизация технологических процессов и производств; информатика и вычислительная техника; электроника, радиоэлектроника и системы связи; машиностроение; управление в технических системах, и многих другие.

В нынешнее время наблюдается рост заботы человечества об окружающей среде и экологической безопасности. Ужесточаются требования к предприятиям и фирмам, требуется обновление парка приборов и станков, вследствие чего возрастает спрос на сотрудников инженерных специальностей, экологов и электроэнергетиков.

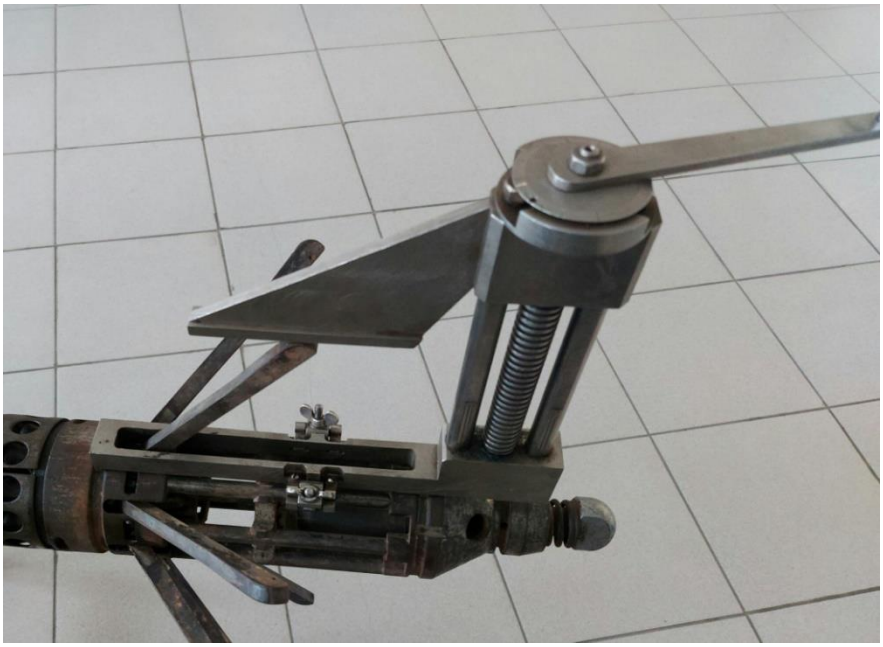


Рисунок 7 – Приспособления для калибровки прибора ПТС-100, установленное на профилемер

Список литературы

1. Портал правительства Оренбургской области. Экономик области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://old.orb.ru/Info/Economics/Industry/prom/. – 12.01.2022.

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

3. Лешкович, Н. М. Совершенствование технологии определения мест негерметичности обсадных колонн на примере Анастасиевско-Троицкого месторождения / Н. М. Лешкович // Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о земле – Кубанский государственный технологический университет, 2019. – №4. – С. 194–220.

4. Валиуллин, Р. А. Геофизические исследования и работы в скважинах: в 7 т. Т. 1. Промысловая геофизика / Сост.: Р. А. Валиуллин, Л. Е. Кнеллер. – Уфа : Информреклама, 2010. – 172 с., ил.

5. Прибор скважинный трубной профилеметрии ПТС-100: руководство по эксплуатации. – Москва, 2013. – 51 с.

6. Multifinger Imaging Tool (MIT 40 finger) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bonnettsenergy.com/images/pdf_files/2018/mit_40_arm_specifications.pdf. – 12.01.2022.

7. Лобанков, В. М. Метрологическое обеспечение в промысловой геофизике: Учебное пособие / В. М. Лобанков. – Уфа: изд-во УГНТУ, 2016. – 218 с.

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГПС

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

Нынешнее машиностроение испытывает основательные изменения, которые связаны с автоматизацией обрабатывающего оборудования с помощью новых компьютерных технологий. В современных условиях повышению конкурентоспособности предприятий способствует создание гибких производственных систем (ГПС), что позволяет обеспечить гибкий и экономичный выпуск продукции с позаказной формой организации производства. [1] Отличительная черта проектирования ГПС, как сложной динамической системы, заключается в отсутствии нескольких этапов, а именно испытания, доводки и серийного производства, которые заменяются компьютерным моделированием.

Распространенность использования моделирования объясняется неимением аналитического аппарата, который позволяет рассчитывать необходимые характеристики технических систем, как ГПС. Компьютерное моделирование является средством проверки проектных решений. В результате анализа сравниваются полученные данные моделирования и изначальные требования, которые предъявляются к производственной системе, а в последствии принимается решение о дальнейших действиях.

По литературным данным в мировой практике разработано свыше 50 программных пакетов моделирования ГПС, и их число увеличивается. Во всем многообразии программных комплексов выделяют несколько методов моделирования ГПС (рисунок 1).

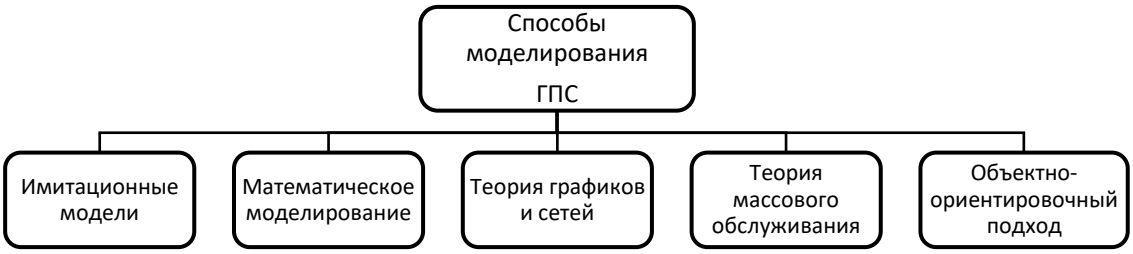


Рисунок 1 – Способы моделирования ГПС

К основным достоинствам и недостаткам использования программ моделирования работы ГПС относятся характеристики, указанные на рисунке 2.

Рисунок 2 – Достоинства и недостатки использования программных средств для моделирования работы ГПС

Примерами самых популярных на сегодняшний день средств моделирования работы ГПС являются системы отечественных разработок «Каскад» и «AnyLogic», а также зарубежные программные пакеты «Arena», «GPSS World» и «FMSim».

Интегрированная система моделирования «Каскад», созданная на базе Оренбургского государственного университета, в которой производственный процесс рассматривается на уровне технологического перехода, разработана для решения широкого спектра технологических, проектных и организационных задач на этапах создания и эксплуатации ГПС. Моделирование в «Каскаде» основано на аналитическом описании длительности циклов работы и логическом описании многоуровневого взаимодействия модулей и их агрегатов. [2] Данная программа предусмотрена для решения объемных календарных расчетов производственной системы, связанных с выбором вместимости накопителей заготовок и режущих инструментов, оптимизации работы ГПС при выполнении сменного задания и статических исследований, которые состоят в проверке качества функционирования ГПС при различных вариантах работы. «Каскад» позволяет более точно оценить работу производственного участка, дает возможность синтеза оптимальных организационно-технических параметров, при которых достигаются заданные условия (срок окупаемости или коэффициент загрузки), удобна в использовании и не требует дополнительного изучения в области моделирования и программирования.

Другая российская система «AnyLogic», разработанная учеными из Санкт-Петербургского Политехнического университета, является программным обеспечением для имитационного моделирования. Программа обладает современным графическим интерфейсом и поддерживает различные подходы к

моделированию (процессные диаграммы и диаграммы потоков и накопителей, карты состояний, блок-схемы). Преимуществами использования данной системы являются возможность создания анимации модели, наличие встроенных библиотек и возможность создания новых для конкретной области. В результате работы в «AnyLogic» пользователь получает статистику загрузки оборудования по времени, числовые параметры в режиме модельного времени.

Программное обеспечение «Arena» (США) предназначена для дискретного имитационного моделирования и автоматизации событий. Рабочее пространство системы разделено на два представления – блок-схемы и электронной таблицы. В первом отображаются графики, диаграммы, модели, анимации элементы управления, а во втором свойства всех моделирующих элементов, табличное отображение используемых моделью данных. Моделирование в системе «Arena» позволяет значительно сократить необходимые затраты для проведения исследований, выбрать наиболее выгодную стратегию проведения работы, избежать дорогостоящих ошибок, а также проверить различные теории возникновения тех или иных наблюдаемых явлений.

Система «GPSS World» (General Purpose System Simulator, США) – универсальный программный комплекс, созданный так же для имитационного моделирования. Широко применяется для решения различных практических задач, предназначена для написания имитационных моделей систем с дискретными событиями. Основным преимуществом данной системы является ее распространенность. Многие специалисты знакомы с её принципами, так как она используется в учебном процессе большого количества ВУЗов России. Однако у GPSS есть и значительные недостатки – модель на языке системы не учитывает влияния на работу конкретных характеристик оборудования, результаты моделирования имеют одинаковое усредненное представления как для ГПС, так и, например, для банка, в то время, когда пользователю удобнее работать с техническими и организационными параметрами. В итоге использования программы появляется только общее представление о работе системы и ее составляющих элементов, что делает затруднительным использование GPSS для синтеза конкретных параметров ГПС.

Еще одним примером системы, позволяющей воссоздавать работу ГПС, служит программный пакет моделирования «FMSim». Он дает возможность строить модели расписаний для разнообразных компоновок и размещать в различных позициях планировки любое количество ГПС, транспортных систем, складов. Имитация работы ГПС с помощью данной программы позволяет использовать модульные структуры программного обеспечения процесса моделирования, оценивать расписания работы ГПС, анализировать состояние всех объектов, создавать любой сложности и размерности сети.

Таким образом, примеры различных отечественных и зарубежных программных комплексов для моделирования работы ГПС показывают насколько сильно они могут повлиять на производство. Большое множество решаемых задач с помощью внедрения таких программных средств имитации дает возможность главным образом минимизировать производственные потери

предприятий, оптимизировать работу, наблюдая, рассчитывая и предсказывая результаты функционирования системы. Из данного обзора следует, что эксплуатация компьютерных программ моделирования – это качественно новый уровень развития современного машиностроения.

Список литературы

1. Шамаев, С.Ю. Система компьютерного моделирования гибких производственных систем на основе объектно-ориентированных технологий : Автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.13.12 / С.Ю. Шамаев. – Оренбург : ОГУ, 2013. – 16 с.

2. Сердюк, А.И. Метод циклограмм в исследовании гибких производственных ячеек. Модели и алгоритмы : монография / А.И. Сердюк, Р.Р. Рахматуллин, А.П. Зеленин. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. – 208 с.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНИК ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

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»

Современные образовательные техники носят активный характер и реагируют на изменения во внешней среде, но при этом нельзя допустить, чтобы во главе оценке качества образовательных технологий использовались только коммерческие, финансовые и прочие формальные параметры. В образовательной сфере мотивы, способы и методы необходимо рассматривать лишь наряду с социальными и культурными механизмами как часть единого сложного процесса.

Подготовка инженерных кадров требует непрерывной координации между этапом обучения и производства, наряду с оценкой потребительских рынков, но также нельзя упускать такой компонент как творческое воображение.

Говоря об образовательных техниках и методах, нельзя не отметить внутреннее противоречие: в огромном мире технических средств, ориентированных на образовательные нужды важно не превратить их использование в самоцель, а сохранить рациональность и разумный уровень их применения.

Вызванные пандемией переход на дистанционный способ организации учебного процесса выявил ряд проблем в образовательных технологиях, которые можно выделить в три класса (рисунок 1).

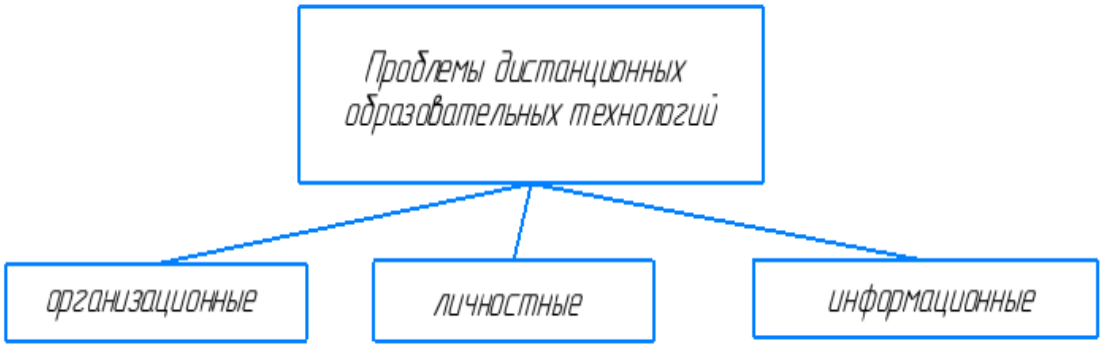


Рисунок 1 – Типы проблем при дистанционном обучении

К основным организационным затруднениям можно отнести построение взаимодействия преподавателя с обучающимися, как в техническом аспекте – использование программных средств, проблемы идентификации и авторизации; так и в вопросах диалога. Дистанционный формат позволяет обучающемуся обозначить свое присутствие формально и не участвовать в диалоге. Отсутствие

личного и эмоционального контакта во время дистанционного занятия так же препятствует полноценному взаимодействию «преподаватель – обучающийся».

Говоря о личностных проблемах, в первую очередь следует сказать о самодисциплине – она играет огромную роль и при традиционных способах организации учебного процесса, а во время использования дистанционных занятий ее значение возрастает многократно. Отсутствие самодисциплины при низкой мотивации может привести к фатальным результатам.

Другой важный личностный фактор – это психотип личности, готовность студента к распределенной работе вне стен учебного занятия.

При подготовке студентов направлений 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств было отмечено следующее распределение негативных факторов (рисунок 2).

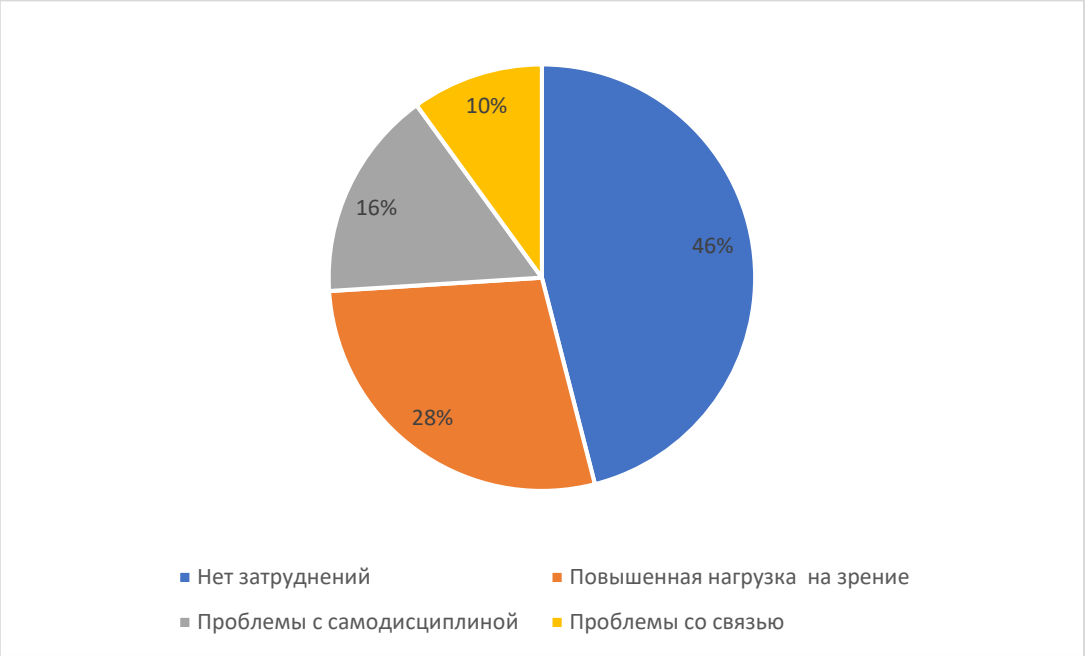


Рисунок 2 – Распределение негативных факторов

Дистанционная организация учебного процесса вносит свои коррективы и в информационную составляющую. На преподавателя ложится задача определить формат представления знаний, доступный для студентов как с точки зрения технических возможностей, так и с точки зрения понимания и восприятия. Банальная «оцифровка» материала позволяет избежать проблем с доступом, но при этом занятие носит в большей степени пассивный характер. Необходимость усилить вовлеченность обучающихся вызывает вопросы о роли преподавателя, переход от традиционных методов преподавания неизбежно налагает дополнительные функции тьютора, организатора, разработчика контента и т.д.

Сделать применение дистанционных образовательных техник доступным, простым и эффективным возможно за счет использования подхода «перевернутого обучения» [1].

При классической схеме студенты знакомятся с новым материалом в рамках занятия с преподавателем и потом переходят в режим индивидуальной работы (например, выполнение курсовых работ и проектов, контрольных работ и т.п.), подход «перевернутого образования» предлагает перенести в режим индивидуального ознакомления и работы на начальном этапе освоения нового материала и оставить наиболее сложные этапы и разделы, содержащие в себе элементы творческой работы, анализа и синтеза на работу в связке «преподаватель - студент/группа». В перспективе подобный подход позволяет перевести пассивный характер занятий в активную работу, позволяющую не просто слушать/смотреть материал, а обрабатывать и усваивать информацию на максимальном уровне, что подтверждается рядом исследований [2,3].

Список литературы

1. Talbert R, Myths and Facts About Flipped Learning / Talbert R. – 2017. - URL: https://members.educause.edu/robert-talbert (accessed date: 02.01.2022).

2. Myllymäki, M., Hakala, I., Härmänmaa, T., & Laine, S. (2017). Flipped Learning Experiment in Video-Based Education. In L. G. Chova, A. L. Martínez, & I. C. Torres (Eds.), EDULEARN17 Proceedings. 9th International Conference on Education and New Learning Technologies (pp. 2415-2424). IATED Academy. EDULEARN Proceedings. https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.1502

3. Student Engagement with a Flipped Classroom Teaching Design Affects Pharmacology Examination Performance in a Manner Dependent on Question Type/Paul J. White, Som Naidu, Elizabeth Yuriev, Jennifer L. Short, Jacqueline E. McLaughlin and Ian C. Larson – American Journal of Pharmaceutical Education November 2017, 81 (9) 5931; DOI: https://doi.org/10.5688/ajpe5931

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО PVD МЕТОДОМ

Барышников В.В., Заярский Д.А.,
Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Известно, что при физическом осаждении (PVD) материал покрытия переходит в газовую фазу из твердого состояния в результате испарения под воздействием тепловой энергии или в результате распыления за счет кинетической энергии столкновения частиц материала (рисунок 1).

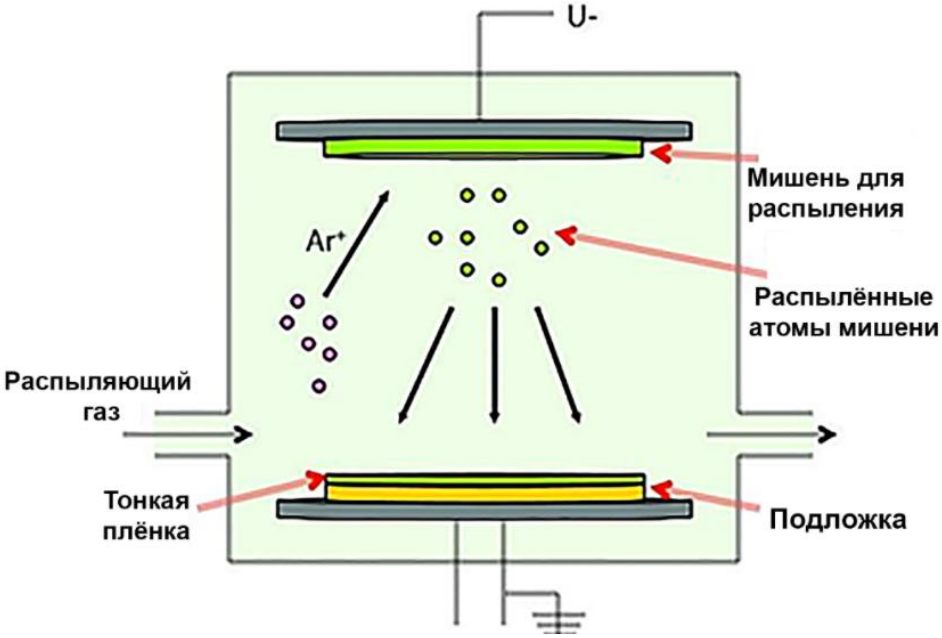


Рисунок 1 – Осаждение PVD методом

Нанесение покрытий методом PVD происходит при невысокой температуре (до 450°C), что не приводит к практическим ограничениям по материалам, на которые наносится покрытие. Это особенно важно при нанесении покрытия на быстрорежущую сталь, так как температура не превышает температуру отпуска закаленной стали (около 550°C). Все процессы PVD происходят в вакууме или в атмосфере рабочего газа при достаточно низком давлении (около 10^3 Па). Это необходимо для облегчения переноса частиц от источника (мишени) к изделию (подложке) при минимальном количестве столкновений с атомами или молекулами газа. Это же условие определяет обязательность прямого потока частиц. В результате покрытие наносится только на ту часть изделия, которая ориентирована к источнику частиц. Скорость осаждения (скорость нанесения покрытия) зависит в этом случае от относительного расположения источника и материала [1].

Материалом для исследования послужила инструментальная быстрорежущая сталь марки Р6М3 с нанесенным покрытием ZrO_2.

В процессе выполнения экспериментальной части работы выявили, что образец с покрытием диоксида циркония плохо поддается травлению, вследствие этого на поверхностном слое покрытия явные признаки структуры не выявлены, но поверхность и толщина напиленного слоя представлена с торцевой части опытного образца.

Внешний вид, нанесенного покрытия, представлен на рисунке 2.

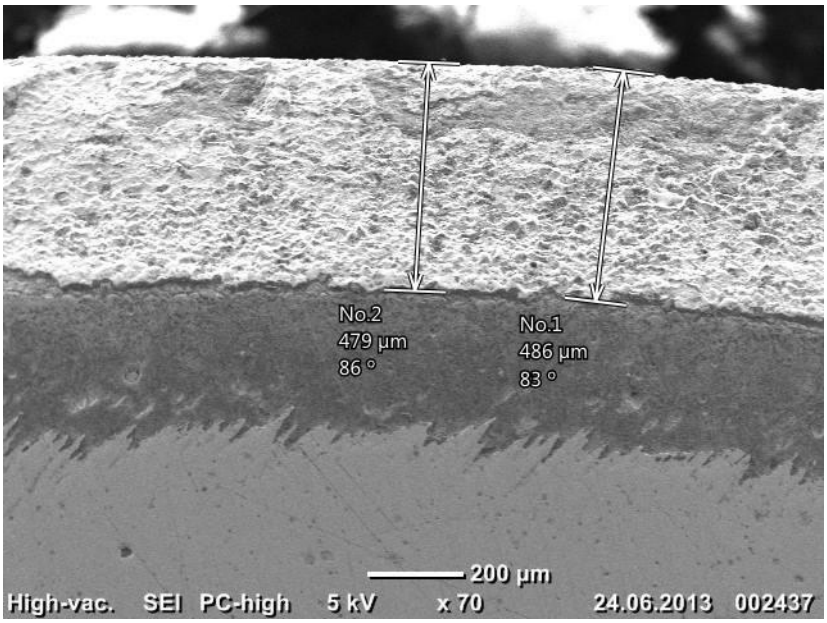


Рисунок 2 – Внешний вид полученного покрытия

Методом электронной растровой микроскопии, на приборе JEOL-6000 определили содержание основных элементов в материале покрытия.

Для исследования химического состава был выбран участок на поверхности образца, представленный на рисунке 3. Спектрограммы и результаты спектрального химического анализа представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

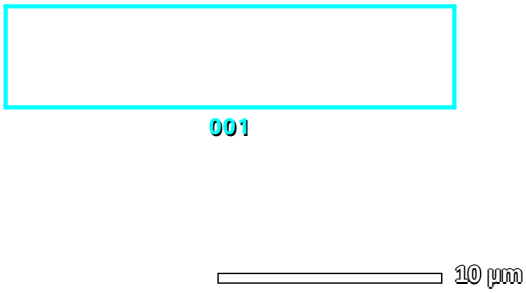


Рисунок 3 – Внешний вид покрытия, с выделенной областью, подвергнутой исследованию химического состава (спектр 001)

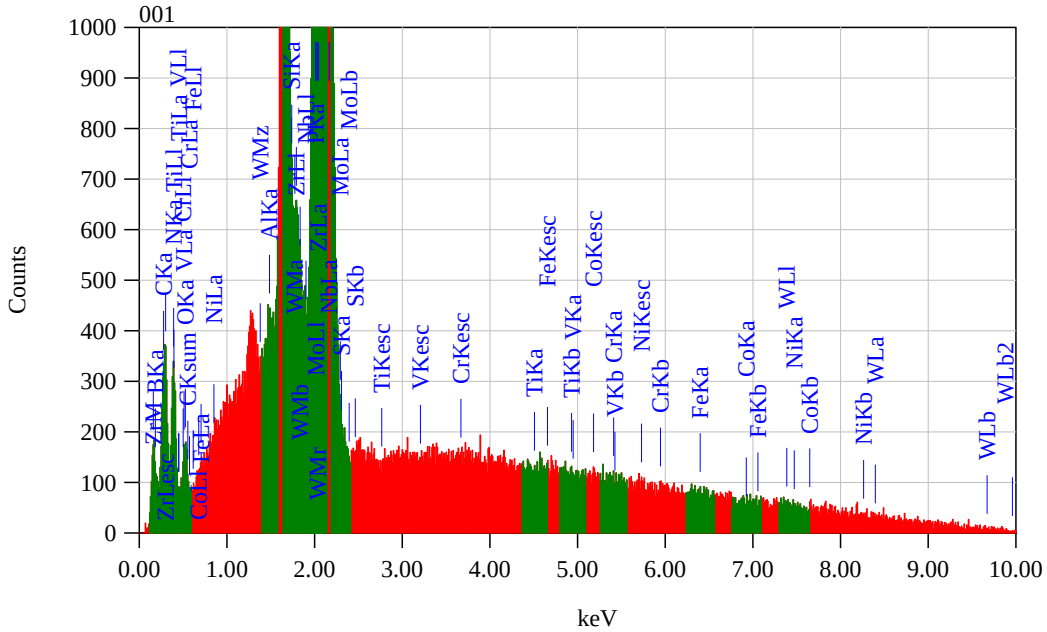


Рисунок 4 - Спектрограмма анализируемого спектра (001)

Таблица 1 – Химический состав выделенного участка (001), в % по массе

Зафиксированный элемент в спектре	B	C	O	N	Al	Zr	Nb	Mo
Содержание, %	6,2	1,39	0,22	0,83	0,23	88,75	1,23	0,97

Результаты электронной растровой микроскопии анализа указывают, что основным элементом покрытия, является цирконий, кроме того, в составе покрытия содержатся дополнительные элементы: бор (6,2%), углерод (1,39%), азот (0,83%), молибден (0,97%) и ниобий (1,23%), что позволяет сделать вывод о покрытии, как о композиционном материале, представленном матрицей на основе циркония, армированной дисперсными включениями, содержащий такие элементы как, Mo, Nb, B, C, соединённые в боридные или карбоборидные модификации.

Точный фазовый состав исследуемого покрытия определяли методом рентгенофазового анализа.

Фазовый анализ материала с покрытием выполняли на минидифрактометре МД-10. Съемку проводили в двух режимах. Результаты рентгенофазового анализа представлены в виде двух рентгенограмм, рисунок 5 и рисунок 6, а также данных расшифровки полученных спектров, таблица 2 и таблица 4.

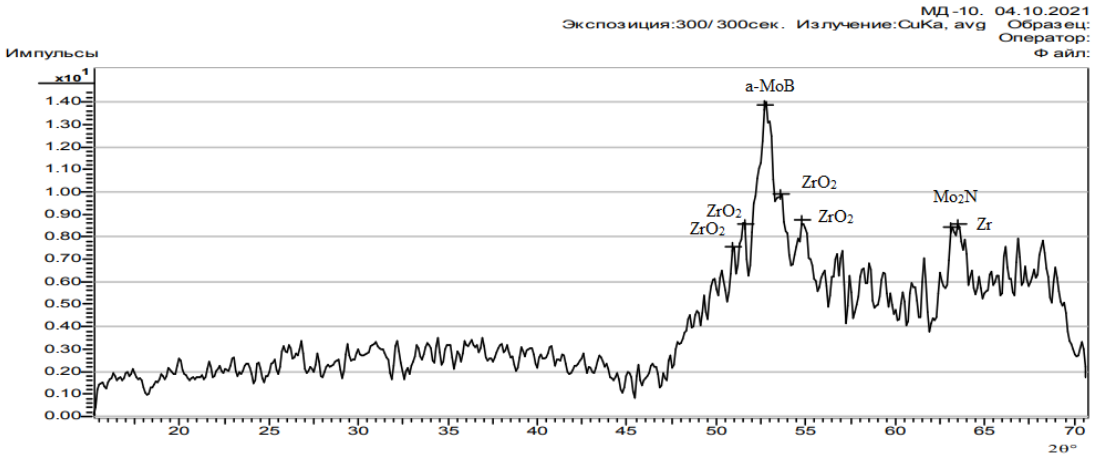


Рисунок 5 – Рентгенограмма покрытия в первом режиме

Таблица 2 – Параметры пиков, полученные на МД-10 в режиме 1

МД-10. 04.10.2021
Экспозиция:300/300сек. Излучение:CuKa, avg Образец:
Оператор:
Файл:

	2θ°	d	I инт	I max	I отн	I корр	ПШПВ
1	50,89	1,79413	318	7,6	54,8	55,1	0,61095
2	51,56	1,77243	361	8,6	62,1	62,3	0,60995
3	52,73	1,73592	581	13,9	100,0	100,0	0,60788
4	53,58	1,71043	416	9,9	71,6	71,4	0,60497
5	54,75	1,67640	367	8,8	63,2	62,8	0,60322
6	63,10	1,47325	354	8,5	61,0	59,6	0,6072
7	63,53	1,46443	360	8,6	61,9	60,4	0,60482

При помощи справочника С. С. Горелика «Рентгенографический и электронно-оптический анализ», расшифрованы параметры спектров, полученных дифрактограмм.

Таблица 3 – Результат анализа по режиму 1

№	d	Q	HKL	Тип решетки	фаза
1	1,794	50,89	122	ОЦК	ZrO_2
2	1,772	51,56	221	ГЦК	ZrO_2
3	1,735	52,73	116	ОЦК	a-MoB
4	1,71	53,58	202	ГЦК	ZrO_2
5	1,676	54,75	221	ГЦК	ZrO_2
6	1,473	63,1	220	ГЦК	Mo_2N
7	1,464	63,53	103	ОЦК	Zr

Анализа рентгенограммы во втором режиме выполняли аналогичным способом, рисунок 6, таблица 4, 5.

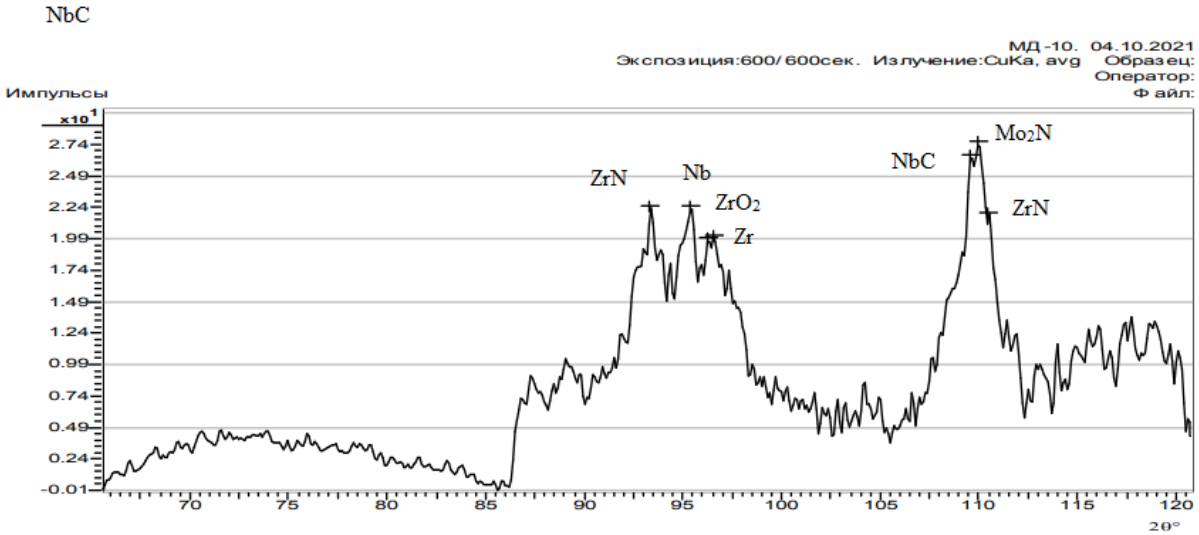


Рисунок 6 – Рентгенограмма покрытия во втором режиме

Таблица 4 – Параметры пиков, полученные на МД-10 в режиме 2

МД-10. 04.10.2021
Экспозиция:600/600сек. Излучение:CuKa, avg Образец:
Оператор:
Файл:

	2θ°	d	Iинт	Imax	Iотн	Iкорр	ПШПВ
1	93,35	1,05968	945	22,6	81,4	96,7	0,60842
2	95,41	1,04219	945	22,6	81,4	94,0	0,60112
3	96,29	1,03498	841	20,1	72,4	82,6	0,59386
4	96,54	1,03295	847	20,3	73,0	83,0	0,59204
5	109,57	0,94358	1115	26,7	96,1	96,4	0,63004
6	109,99	0,94111	1161	27,8	100,0	100,0	0,63296
7	110,49	0,93830	926	22,2	79,7	79,5	0,63641

Таблица 5 – Результат анализа по режиму 2

№	d	Q	HKL	Тип решетки	фаза
1	1,059	93,35	331	ГЦК	ZrN
2	1,042	95,41	310	ГЦК	Nb
3	1,034	96,29	340	ГЦК	ZrO_2
4	1,034	96,54	211	ГЦК	Zr
5	0,943	96,57	422	ГПУ	NbC
6	0,941	109,99	420	ГПУ	Mo_2N
7	0,938	110,49	422	ГПУ	ZrN

В результате исследования покрытия на основе диоксида циркония (ZrO_2) можно отметить, что в структуре преобладает кубическая фаза, с дисперсными включениями, MoB, Mo_2N, ZrN, NbC.

Диоксид циркония представляет собой белый кристаллический оксид из циркония. Его наиболее встречающейся в природе формой с моноклинной кристаллической структурой является минерал бадделеит. Известны три фазы: моноклинная ниже 1170 ° C, тетрагональная между 1170°C и 2370°C и кубическая выше 2370°C. Монокристаллы кубической фазы диоксида циркония обычно используются в качестве имитатора алмаза в ювелирных изделиях. Как и алмаз,

кубический диоксид циркония имеет кубическую кристаллическую структуру и высокий показатель преломления. Визуально отличить кубический цирконий хорошего качества от алмаза сложно [2].

В настоящее время определились следующие области промышленного использования циркония: керамика и огнеупоры; производство эмалей и стекла, производство сталей и сплавов с цветными металлами; пиротехника и электровакуумная техника.

Значительная доля мирового производства циркониевых концентратов используется для изготовления огнеупорных изделий и в производстве специального фарфора. В качестве огнеупорного материала применяют чистую двуокись циркония и бадделеитовые и цирконовые рудные концентраты.

Из двуокиси циркония или минералов бадделеита и циркона изготовляют огнеупорный кирпич для металлургических печей, тигли для плавки металлов и сплавов, огнеупорные трубы и другие изделия.

Небольшие добавки циркония к меди, повышая ее прочность, снижают лишь в незначительной степени электропроводность.

В связи с промышленным освоением производства ковкого циркония намечаются следующие области его использования: в химическом машиностроении (детали центрифуг, насосов, конденсаторов и др.); в общем машиностроении (поршни, шатуны, тяги и другие детали); в турбостроении (лопасти турбин и другие детали) и в производстве медицинского инструмента [3].

Список литературы

1. Локтев Д., Ямашкин Е., Наноиндустрия. Промышленные нанотехнологии. – 2007. – Т.4 – С. 18–24.

2. «Диоксид циркония» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wikichi.ru/wiki/Zirconium_dioxide#Engineering_properties.

3. «Области применения циркония» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metal-archive.ru/redkie-metally/4301-oblasti-primeneniya-cirkoniya.html.

ОСВОЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО УРОВНЯМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА КАФЕДРЕ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

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

Цели стратегического развития промышленного предприятия - это повышение экономического и производственно-технологического потенциалов, увеличение производственных мощностей и выпуска конкурентоспособной продукции при обеспечении требуемого качества, роста производительности труда, снижении материалоемкости и издержек производства продукции, улучшении других показателей деятельности предприятия [1]. Реализация стратегических целей проявляется в следующих типах проектов промышленных предприятий:

1. Замена изношенного оборудования;
2. Развитие гибкого производства.
3. Повышение производственной мощности оборудования;
4. Автоматизация производственного процесса;
5. Снижение себестоимости изготовления продукции и затрат на производство.

Каким образом решаются задачи управления проектами, какие инструменты использует проектная команда влияет на обеспечение того, чтобы запланированная работа была выполнена вовремя и в рамках установленных ограничений.

При подготовке бакалавров и магистров по направлениям подготовки «Управление в технических системах» и «Системный анализ и управление» для современного этапа развития реального сектора экономики принимается во внимание, что не существует стандартных системных решений стратегического развития промышленных предприятий. В условиях неопределенности и риска, в первую очередь, востребованы члены проектной команды, владеющие компетенциями в области проектного управления. Квалификация выпускников по направлению системный анализ и управление отвечает требованиям реального сектора экономики. Для подготовки обучающихся важно в полной мере понимать требования к решениям задач, связанных с переходом из одного состояния промышленного предприятия в другое целевое состояние при условии выполнения на уровне проекта поставленной задачи наилучшим образом из всех возможных вариантов решения с учетом конкретной текущей ситуации. Традиционно проектные решения анализируются с точки зрения максимальной производительности предприятия при минимальных затратах. Современная ситуация требует учитывать давление со стороны внешнего и внутреннего окружения проекта, а также стратегические установки устойчивого развития предприятия при принятия

решений. Таким образом, обучающиеся должны представлять многокритериальность задач для достижения оптимальных результатов при разработке и реализации проектов промышленных предприятий.

Многокритериальность отражается требованиями стандартов серии ISO 9000, которые, в свою очередь, диктуют необходимость наличия нормативной модели работы предприятия, включающей функциональный, информационный, организационный и технологический уровни представления предприятия.

Взаимосвязь выделенных уровней моделирования промышленного предприятия с проектами развития промышленных предприятий представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Взаимосвязь уровней представления промышленного предприятия для реализации проектной деятельности на промышленном предприятии

Разрабатывая учебные программы дисциплин для обучающихся по направлениям подготовки «Управление в технических системах» и «Системный анализ и управление», учитывалась необходимость получения знаний, умений и навыков для освоения проектных компетенций [2] и реализации на практике перечисленных уровней моделирования.

Функциональная модель промышленного предприятия определяет в целом управляемость, возможности выполнения производственного плана и уровень рисков производственной системы. Модели данного уровня позволяют выделить функционально-структурные элементы (ФСЭ) актуальные для проекта.

Информационная модель консолидирует информацию об объектах производственной деятельности, представляя ее как структурированные и неструктурированные данные всех этапов жизненного цикла объекта.

Организационная модель отражает состав, соподчиненность, взаимодействие и распределение работ по объектам производственной деятельности и системы управления производством, определяя управляющую информацию в соответствии с полномочиями и ответственностью. Именно организация процессов по объектам производственной деятельности определяет какие риски производственной деятельности уменьшаются или совсем устраняются [3].

Моделирование на технологическом уровне дает количественные и качественные параметры технологических и производственных процессов.

Каждый уровень моделирования отражает преобразование потоков данных, являющихся основой в формировании баз данных и баз знаний для определения стратегического развития промышленного предприятия:

- закупки (вход (количество, качество сырья, материалов, комплектующих,) и выход (поставщики, сроки, цены));
- сбыт (вход (количество, качество, сроки отгрузки продукции, запасы продукции) и выход (количество, качество, сроки поставок продукции));
- оборудование (вход (требования к фонду рабочего времени) и выход (работоспособное оборудование));
- персонал (вход (требования к составу штата персонала и его компетентности) и выход (количество компетентных сотрудников));
- производственный процесс (вход (сырье, материалы, комплектующие, оборудование, сотрудники) и выход (продукция в необходимых объемах, в заданный срок с заданными характеристиками качества)).

В таблице 1 и 2 представлено распределение дисциплин согласно учебному плану по направлению системный анализ и управление в соответствии с уровнем подготовки [4].

Таблица 1 – Распределение компетенций и практических навыков обучающегося в бакалавриате по уровням моделирования промышленного предприятия

Уровни моделирования		Дисциплина	Вид практики	Компетенции обучающегося
Промышленное предприятие	Функциональный	- безопасность жизнедеятельности; - системный анализ, оптимизация и принятие решений; - моделирование систем и процессов; - экология; - системный анализ, оптимизация и принятие решений; - системное проектирование и реинжиниринг бизнес-процессов;	- научно-исследовательская работа (производственная практика); - эксплуатационная практика (производственная практика); - преддипломная практика	- ПК -4 Выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы;

Продолжение таблицы 1

		- основы инженерного проектирования; - системный анализ информационных комплексов; - современные компьютерные технологии в науке; - автоматизированные системы управления предприятием в промышленности; - автоматизированные системы управления технологическими процессами	(производственная практика)	
	Информационный	- информатика; - архитектура информационных систем; - вычислительные сети и комплексы	- ознакомительная практика (учебная практика); - технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная практика)	- ОПК-5 Способен решать задачи в области развития науки, техники и технологии, применяя методы системного анализа и управления с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности; - ПК*-1 Создание и сопровождение требований и технических заданий на разработку и модернизацию систем и подсистем малого и среднего масштаба и сложности
	Организационный	- право; - инженерная и компьютерная графика; - управление качеством; - системное проектирование и реинжиниринг бизнес-процессов	- технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная практика)	- ПК*-1 Создание и сопровождение требований и технических заданий на разработку и модернизацию систем и подсистем малого и среднего масштаба и сложности - ПК*-2 Концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности
	Технико-технологический	- инженерная и компьютерная графика; - моделирование систем и процессов; - управление качеством;	- технологическая (проектно-технологическая) практика	- ПК*-1 - создание и сопровождение требований и технических заданий на разработку и модернизацию систем и

Продолжение таблицы 1

		- системное проектирование и реинжиниринг бизнес-процессов	(производственная практика)	подсистем малого и среднего масштаба и сложности - ПК*-2 -концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности
Проект	Работы, этапы, программа	- теория автоматического управления; - управление качеством; - системное проектирование и реинжиниринг бизнес-процессов; - управление проектами; - основы инженерного проектирования; - надежность информационных систем	- эксплуатационная практика (производственная практика)	- ПК*-4 - выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы

Таблица 2 – Распределение компетенций и практических навыков обучающегося в магистратуре по уровням моделирования промышленного предприятия

Уровни моделирования		Дисциплина	Вид практики	Компетенции обучающегося
Промышленное предприятие	Функциональный	- деловая коммуникация в научной и профессиональной деятельности; - методология проектирования производственных систем	- производственная практика (производственная практика)	- ПК*-2 - управление проектами в области ИТ малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенностей, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта
	Информационный	- современные компьютерные технологии в науке	- ознакомительная практика (учебная практика)	- УК-1 - способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий; - ОПК-1 - способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе ранее приобретенных знаний

Продолжение таблицы 2

	Органи-зацион-ный	- деловой иностранный язык; - деловая коммуникация в научной и профессиональной деятельности; - моделирование сложных систем; - системный анализ информационных комплексов; - современные ком-пьютерные технологии в науке; - метасистемный подход в управлении; - автоматизирован-ные системы управления пред-приятием в промышленности; - автоматизирован-ные системы управления технологическими процессами; - ознакомительная практика; - производственная практика	- научно-исследо-вательская работа (производственная практика)	- ПК*-3 - управление проектами в области ИТ любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организацио-нного окружения проекта; разработка новых инструментов и методов управления проектами в области ИТ
	Технико-технолого-гический	- современные компьютерные технологии в науке	- ознакоми-тельная практика (учебная практика)	- ОПК-1- способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе ранее приобретенных знаний
Проект	Работы, этапы, про-грамма	- современные компьютерные техно-логии в науке	- научно-исследова-тельская практика (производст-венная практика)	- ПК*-2 – управление проектами в области ИТ малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенностей, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рис-ками и проблемами проекта

Представление предприятия посредством выполненных заданий на практике, обучающийся накапливает опыт в решении задач моделирования функционального, информационного, организационного и технико-технологического уровня. Данный подход обеспечивает освоение учебного плана и освоение элементов стандартов управления предприятием на основе проектного подхода.

Список литературы

1. Остапенко С.Н., Ковалев А.П. Определение экономической эффективности проектов по техническому перевооружению промышленных предприятий // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 396. С. 171-177

2. Гаибова, Т. В. Особенности формирования учебных заданий при организации освоения проектных компетенций [Электронный ресурс] / Гаибова Т. В., Шумилина Н. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 3-5 февр. 2016 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2016. - . - С. 54-59. - 6 с.

3. Алистарова Н.В., Иванов Д.Ю, Морозов В.В. Разработка функциональных моделей производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 19, № 1(3), 2017.- С.447-457

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управления» [Электронный ресурс]. - URL: http://www.osu.ru/doc/4577/prof/5162/lvl/3/year/2021/ (дата обращения: 11.01.2022).

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Живанов О.А., Гаврилов А.А., канд.техн.наук
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В соответствии с ГОСТ Р 56136-2014, жизненный цикл изделия (ЖЦИ) (жизненный цикл продукции) – это совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от её замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации [1].

Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла изделий фактически представляет собой информационную поддержку изделий (далее ИПИ) – информационные технологии, используемые в управлении процессами жизненного цикла изделия или системы, в основном для сложных (высокотехнологичных и наукоёмких) образцов продукции машиностроения и иных объектов техники [2]. Синонимом этого термина является CALS, от английского Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий.

Понятие ЖЦИ включает в себя все стадии жизни изделия – от изучения рынка перед проектированием до утилизации изделия после использования. Компьютерная поддержка этапов ЖЦИ становится возможной благодаря созданию и поддержке единой базы данных об изделии [3]. Основные этапы жизненного цикла приведены на рисунке 1.

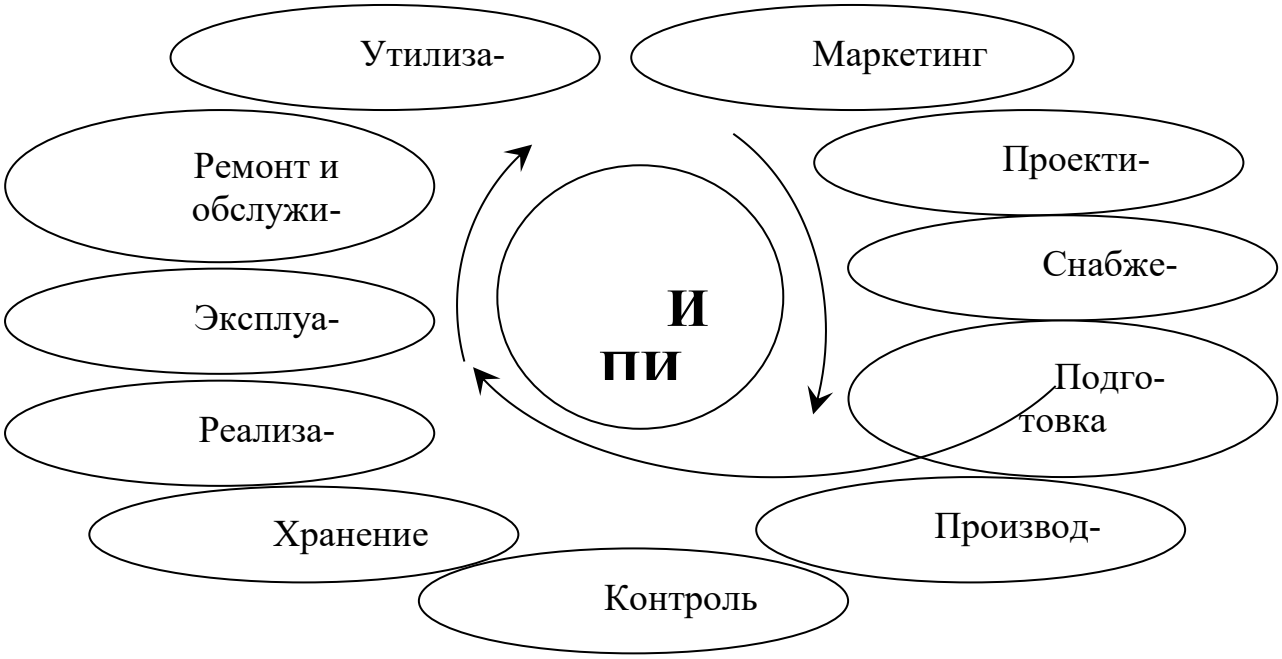


Рисунок 1 – Основные этапы жизненного цикла изделия

Основными системами, которые обеспечивают информационную поддержку этапов жизненного цикла изделия выделяют системы следующих классов:

1) CAD/CAM – Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing, компьютерное проектирование и изготовление,

2) CAE – Computer Aided Engineering, компьютерный инженерный анализ),

3) PDM – Product Data Management, управление данными о продукте,

4) MRP I – Material requirements planning, Планирование потребности в материалах,

5) MRP-II – Manufacturing Resource Planning, планирование производственных ресурсов,

6) ERP – Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия,

7) SCM – Supply Chain Management, управление цепочками поставок,

8) CRM – Customer Relationship Management, управление взаимоотношениями с заказчиками.

Из перечисленных, системы классов с 1 по 3 являются базовыми при обеспечении стратегии управления жизненным циклом изделия.

Программные системы класса CAD/CAM, применяемые для целей машиностроения, достаточно разнообразны. В качестве основных можно перечислить CATIA, Unigraphics, ProEngineer, программы промышленных САПР компании Autodesk, SolidEdge, Компас, TFlexCAD, ADEM, Cimatron, ArchiCAD, DELMIA, Mastercam.

Система CATIA V5 применяется на этапах от формирования концепции продукта до техподдержки производства и планирования ресурсов. CATIA V5 позволяет выполнять как поверхностное и твердотельное 3D-моделирование, так и оптимизацию параметров и характеристик проектируемого изделия. В качестве особенности системы можно отметить присутствие структуры формализации знаний, которая реализует рационализацию и оптимизацию процессов разработки продукта, и присутствие компонента для реализации модели некоторых характеристик оператора в системах "человек-машина".

Система DELMIA применяется для моделирования процессов производства. В целом, этот комплекс представляет собой часть решения по управлению ЖЦИ, реализованного французской компанией Dassault Systems, которое интегрировано в высокоуровневую систему CAD/CAM/CAE CATIA V5 и программный комплекс управления данными о продукте ENOVIA: VPLM и SmarTeam.

CAE – обобщенное название для систем и программных пакетов, применяемых для решения разнообразных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции физических процессов. В настоящее время системы инженерного анализа находят применение вместе с CAD-системами, а нередко интегрируются в них. В этом случае получаются гибридные CAD/CAE-системы. Приведенный ранее пример системы CATIA V5 как раз является такой гибридной системой.

CAE-системы могут классифицироваться по различном признакам, но, в целом, можно выделить следующую классификацию:

1) Наиболее мощными CAE-системами являются системы полнофункционального инженерного анализа. В качестве примера можно привести системы Ansys и Nastran. Инструменты этих систем очень разнообразны и могут предложить широкий спектр конечных элементов и обширный выбор моделей.

2) Системы, являющиеся компонентами мощных САПР. Инструменты для анализа в таких системах более слабые, чем в предыдущих, но они позволяют отслеживать изменения модели. К таким системам относятся Extensive Digital Validation (CAE) для I-deas, Unigraphics NX CAE для Unigraphics NX, Pro/MECHANICA для Pro/ENGINEER, Catia CAE для CATIA.

3) Системы инженерного анализа среднего уровня не имеют мощных расчетных возможностей и хранят данные в собственных форматах. Некоторые их них включают в состав встраиваемый интерфейс в CAD-системы, другие считывают геометрию из CAD. Это COSMOS/Works, COSMOS/Motion, COSMOS/FloWorks, visualNastran, Procision.

Управление данными о продуктах тесно связано с управлением информацией о продуктах (PIM) и часто используется взаимозаменяемо. Примеры поставщиков программного обеспечения PDM включают CMPRO, SOLIDWORKS, Zentail. К классу PDM относится и программный комплекс ENOVIA-VPLM. Поскольку PDM лучше управляет конфигурациями и гарантирует, что все работают с самыми последними данными, он позволяет избежать проблем, связанных с работой со старыми данными. Функции контроля доступа гарантируют, что только авторизованные стороны могут получить доступ или изменить конфиденциальную информацию. Улучшенный контроль над инженерными изменениями с меньшими ручными усилиями.

Таким образом, в современных условиях высококонкурентной среды предприятию жизненно важно максимально эффективно использовать имеющиеся у него ресурсы. Одним из инструментов для этого служит информационная поддержка изделий, концепция которой реализована в широком круге современных программных систем.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56136-2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения.

2. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / под ред. А. Г. Братухина. — Киев: Техника, 2001. — 728 с.

3. Яблочников, Ю.Н. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: учебное пособие / Е.И. Яблочников, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 188 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

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

Работа выполнена в рамках стипендии Президента РФ № СП-1811.2021.1 от 29.12.2020 г., для молодых ученых и аспирантов на выполнение научного исследования по теме «Расширение информационных основ технологии формирования облика летательного аппарата нового поколения».

Классическая компоновка дозвукового пассажирского летательного аппарата (ЛА) со стреловидным крылом известна уже более 70 лет [1]. Отход от этой формы может диктоваться лишь соображениями получения качественно новых характеристик. Так, переход к сверхзвуковым скоростям полета вызвал появление компоновки с крылом малого удлинения. Возможно, что новые задачи вызовут необходимость создания самолетов с необычной компоновкой. Ниже рассмотрим аспекты, влияющие на формирование облика дозвуковых летательных аппаратов большой дальности.

Этап предварительного проектирования, называемый разработкой технического предложения (предварительное проектирование, аванпроект) предполагает выбор схемы и определение наивыгоднейшего сочетания основных параметров ЛА на основе анализа существующих, идей конструкторов, опыта и рекомендаций ранее спроектированных ЛА сформулированных в концептуальную модель и реализованных в виде аванпроекта [2].

В последнее время основная цель разработки новых аэродинамических компоновок для дозвуковых ЛА и его частей состояла в повышении критического числа *M* для крыльев большого удлинения. С обычными профилями максимальное число *M* для этих крыльев не удавалось поднять существенно выше *0,85*. Исследования, проводившиеся в аэродинамических трубах, привели к появлению новых профилей с возросшим критическим числом *M*. Преимущества новых профилей первоначально предполагалось использовать для увеличения числа М полета вплоть до близких к *1,0*. Однако позднее было признано целесообразным, сохраняя прежнее число М полета, увеличивать толщину профиля. Такое использование преимущества нового профиля неприемлемо для ЛА большой дальности, поскольку рост толщины профиля приводит к увеличению сопротивления формы и может свести на нет преимущества, которые дает облегчение конструкции более толстого крыла.

Другая возможность применения новых аэродинамических компоновок состоит в создании на их основе крыльев с меньшим углом стреловидности,

допускающих полет при прежнем значении числа M. Уменьшая стреловидность крыла, можно снизить его сопротивление ввиду роста относительного удлинения. В этом случае возрастет вес крыла, так что принять окончательное решение для дальнего самолета также нельзя, а приходится учитывать различные факторы.

Применение управляемой ламинаризацией обтекания видеться перспективным по двум причинам: ее использование обеспечивает большое увеличение дальности полета либо очень существенное снижение расхода топлива при неизменной дальности. Скорее всего, самолет с управляемым ламинарным обтеканием будет использоваться в гражданской авиации после того, как он будет построен для удовлетворения специальных военных требований. Основным отличием ЛА с управляемой ламинаризацией обтекания – это очень низкая величина профильного сопротивления, достигаемая благодаря отсасыванию части пограничного слоя через проницаемую поверхность в количестве, обеспечивающем его ламинарное состояние.

В процессе синтеза и формализации процесса проектирования ЛА и его элементов необходимо учитывать как можно больше параметров, задающих его облик, но учет большого числа геометрических параметров не всегда оправдан, т.к. значительно усложняется вычислительный процесс, объемы исходной информации, которая недоступна на стадиях предварительного и эскизного проектирования, в связи с чем, рационально пользоваться некоторыми емкими, относительными, безразмерными и абсолютными параметрами.

Для установления новых зависимостей между проектными переменными и методиками проектирования необходимо применять синергетические методы, позволяющие осуществлять анализ и синтез данных на некоторой модели, базирующейся на статистической информации и результатах НИОКР.

В классическом подходе для оценки пригодности выполнения поставленной цели проектирования используется эскиз (рисунок, картинка), на котором изображены проекции ЛА и его элементов, получение такого рисунка начинается с обработки статистических данных (аналогов проектируемого ЛА). На данном этапе не представляется возможным определить преимущество от использования в эскизе частных решений, таких как, например: форма бака, возможность отделения боковых универсальных ракетных блоков, перелив компонентов топлива и т.д.

С учетом того, что ЛА и его элементы — статистическая система, то в такой системе изменение одного из параметров должно оказывать влияние на другие параметры системы. Такая система должна обладать корреляционной зависимостью, где взаимосвязь двух или более отдельных параметров соотносятся между собой с определенной степенью точности. В случае высокой степени корреляции для множества, описывающего проектируемое ЛА или его составной элемент, можно изучить взаимосвязи между значениями переменных — факторный анализ [3, 4]. В факторном анализе основным предположением является равенство для X_i, вычисляют по формуле

$$X_i = \sum_{r=1}^{k} a_{ir} \cdot F_{r+e_i} \quad (2)$$

где i – (1,2,3...p); X_i – переменная; F_r – r-ый фактор; a_{ir} – факторная нагрузка; k – количество факторов; e_i – остатки, которые представляют источники отклонений, действующие только на X_i.

Эти p случайных величин e_i предполагаются независимыми как между собой, так и с k величинами F_r. Уравнение 2 нельзя проверить непосредственно, поскольку p переменных X_i выражены в них через (p+k) ненаблюдаемых переменных. Но эти уравнения заключают в себе гипотезу о ковариациях и дисперсиях X_i, которую можно проверить. Классическую модель факторного анализа R, вычисляют по формуле

$$R = A \cdot C \cdot A' \quad (3)$$

где R – корреляционная матрица; A – матрица факторных нагрузок; C – корреляционная матрица, отражающая связи между факторами; A' – транспонированная матрица факторных нагрузок.

Если наложить условие некоррелированности факторов, т. е. $C = I$, где I – единичная матрица, провести максимизирования функции, связанной некоторым числом дополнительных условий, используя метод множителей Лагранжа и применить предложенный Б. Кайзером метод варимакс, для определения положения осей координат с нормированными переменными и равными весами получаем расчетную формулу

$$M \sum_{e=1}^{r} \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{b_{ie}}{h_i}\right)^4 - \\ - \sum_{e=1}^{r} \left| \sum_{i=1}^{m} b_{ie}^2 / h_i^2 \right|^2 = \max \quad (4)$$

Для определения коэффициентов уравнения регрессии системы линейных нормальных уравнений, используя метод наименьших квадратов, заключающийся в вычислении следующего выражения

$$Y = a \cdot \prod f_s(X_s) \quad (5)$$

где $f_s(X_s)$ – любая функция величины X_s.

В случае нелинейной зависимости вид функции $f_s(X_s)$ определяется с помощью корреляционного поля, затем по виду определяется тип зависимости и способом наименьших квадратов рассчитываются коэффициенты.

При числе параметров более трех и порядка полиномов $f_s(X_s)$ более второго уравнение 5 становится весьма громоздким и малоэффективным в использовании. Поэтому был разработан упрощенный метод описания многофакторных процессов — «последовательного разглаживания гиперповерхности отклика», вычисляют по формуле

$$Y = \sum_{j=1}^{M} \varphi_j\,(X_j) \qquad (6)$$

где $\varphi_j(X_j)$ – полиномы возрастающих степеней переменной X_j.

Перед вычислением полиномов φ_j необходимо провести предварительное ранжирование переменных по степени влияния их на параметр оптимизации *y*, применяя ортогональные многочлены П.Л. Чебышева. Тогда совокупность полиномиальных моделей, построенных на базовых параметрах, с некоторой величиной корреляции можно считать моделью перехода *M*.

Предлагаемый метод выбора состава рациональных проектно-конструкторских параметров позволяет на ранних стадиях и этапах проектирования ЛА, обеспечить заданные характеристики для его составных элементов. Результаты приняты в проектную и конструкторскую деятельность АО ПО «Стрела», филиал АО ВПК «НПО машиностроение» – КБ «Орион», а также в АО Государственная корпорация «Ростех», «РТ-Техприемка».

Представленные результаты исследования легли в основу концептуальной модели, математического обеспечения и прикладного ПО реализующего методику выбора состава рациональных проектно-конструкторских параметров, что позволяет придать общность с позиции комплексности учитываемых параметров, в оценке эффективности ЛА при одинаковых условиях функционирования, инвариантное к типу ЛА и составным элементам, а применение языка программирования С++ позволит интегрировать разработанное ПО на предприятия авиационного и оборонно-промышленного кластера.

Список литературы

1. Проектирование самолетов / под ред. М.А. Погосяна. – 5-е изд., перераб. И доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 864 с.

2. Международная энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / гл. ред. А.Г. Братухин. – М. : ОАО «НИЦ АСК», 2015. – 608 с.

3. Бурнаев Е.В., Зайцев А.А. Суррогатное моделирование разноточных данных в случае выборок большого размера // Информационные процессы. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 97–109.

4. Lakshmi S.V. A Study on a Common Fixed Point Theorem / S.V. Lakshmi // International Journal of Theoretical & Applied Sciences. – 2016. – Vol 8. – № 1.– P.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ ПОЛОСТИ

Деревянкина С.Н., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Моделирование неоднородных деталей становится в настоящее время все более актуальным. Прочностные и жесткостные характеристики материала областей деталей, содержащих полости, будут отличаться от таких же характеристик всей детали. Прямое моделирование макродефектов будет достаточно трудоемким процессом [1, 2]. Кроме того, предлагаемая методика моделирования, на наш взгляд, должна быть достаточно проста в использовании.

Учитывать структурную неоднородность материала детали при моделировании предлагается путем введения в модель областей, имеющих пониженную плотность. Кроме того, модули Юнга материалов данных областей также будут ниже модуля Юнга материала детали и могут быть получены по графику, представленному на рисунке 1.

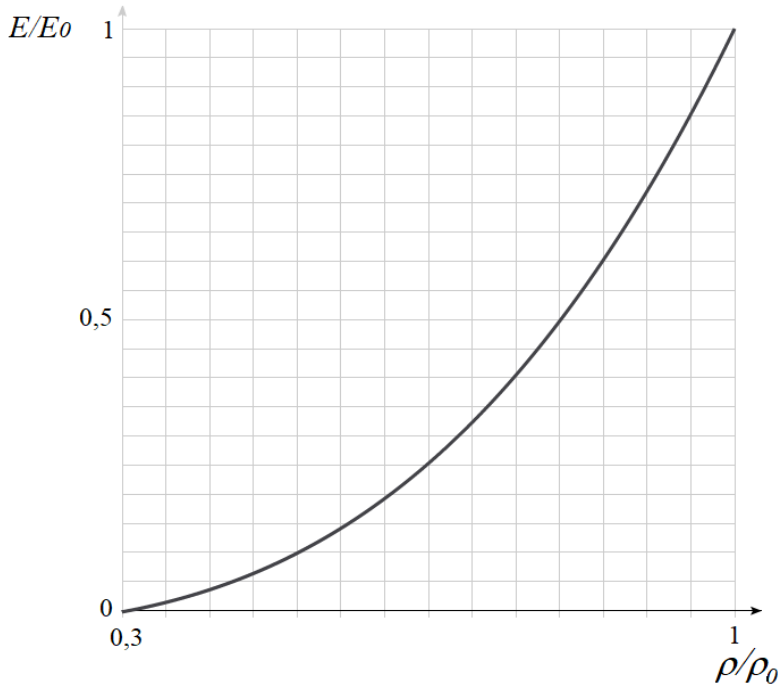


Рисунок 1– Зависимость изменения модуля Юнга от изменения плотности

Плотности материала областей пониженной плотности необходимо определялись по формуле (1):

$$\rho_i = \rho_0 (1 - \frac{V_{\partial i}}{V_i}), \quad (1)$$

где ρ_i - плотность *i*-ой области, кг/м^3;

ρ_0 - плотность однородного образца, кг/м^3;

$V_{\partial i}$ - объем дефектов в *i*-ой области, м^3;

V_i - объем *i*-ой области, м^3.

Рассмотрим пример применения методики. Допустим, произвольный стальной стержневой элемент с плотностью материала 7780 кг/м^3 и модулем Юнга равным 210 ГПа имеет ряд дефектов, что приводит к появлению двух областей пониженной плотности (рисунок 2). Характеристика материала первой области (показана оранжевым цветом): плотность – 7780 кг/м3, модуль Юнга – 204 ГПа; второй области (показана голубым цветом): плотность –7740 кг/м3, модуль Юнга – 201 ГПа.

Моделирование проводилось в Autodesk Inventor. Модель представляет собой сборку деталей, каждая из которых представляет собой область материала постоянной плотности. Модель закреплялась консольно и нагружалась изгибающими и сжимающими силами, а также крутящим моментом. Полученные эпюры для детали представлены на рисунках 3 – 5.

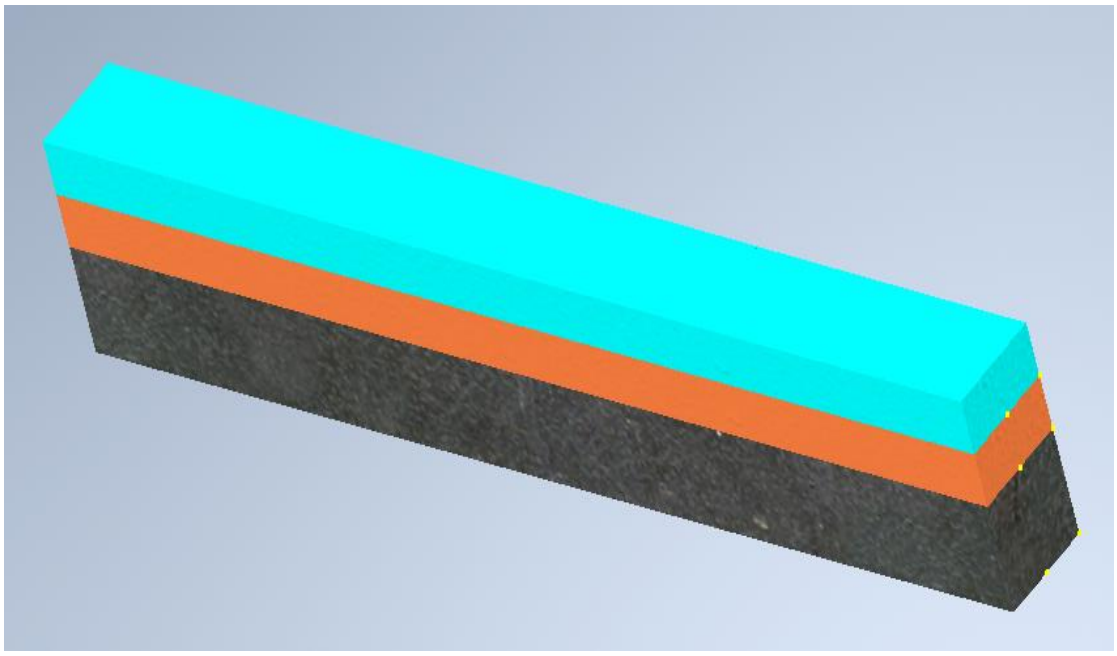


Рисунок 2 – Модель

Таким образом, нами разработана методика, позволяющая моделировать напряженно-деформированное состояние деталей, имеющих полости. Моделирование производится путем введения в модель областей пониженной плотности, материал которых имеет пониженный модуль Юнга.

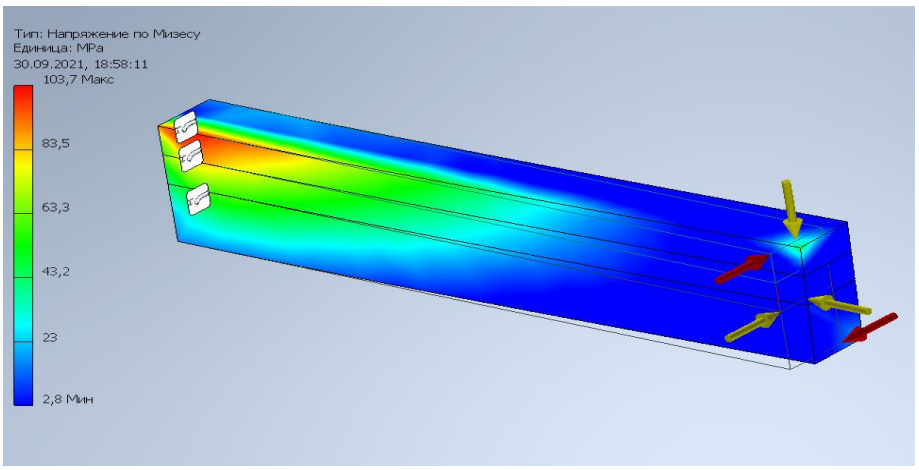


Рисунок 3 – Эпюра напряжений в модели

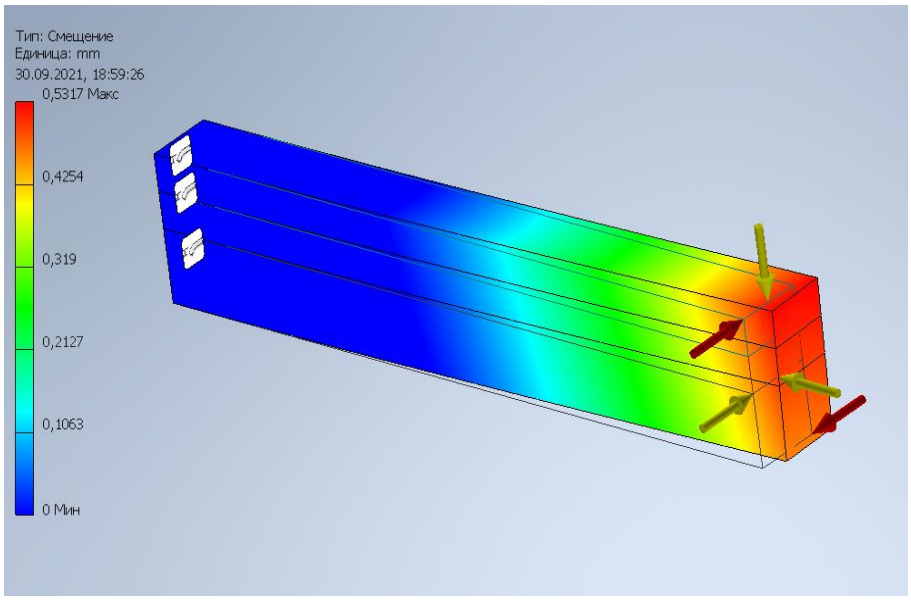


Рисунок 4 – Эпюра перемещений модели

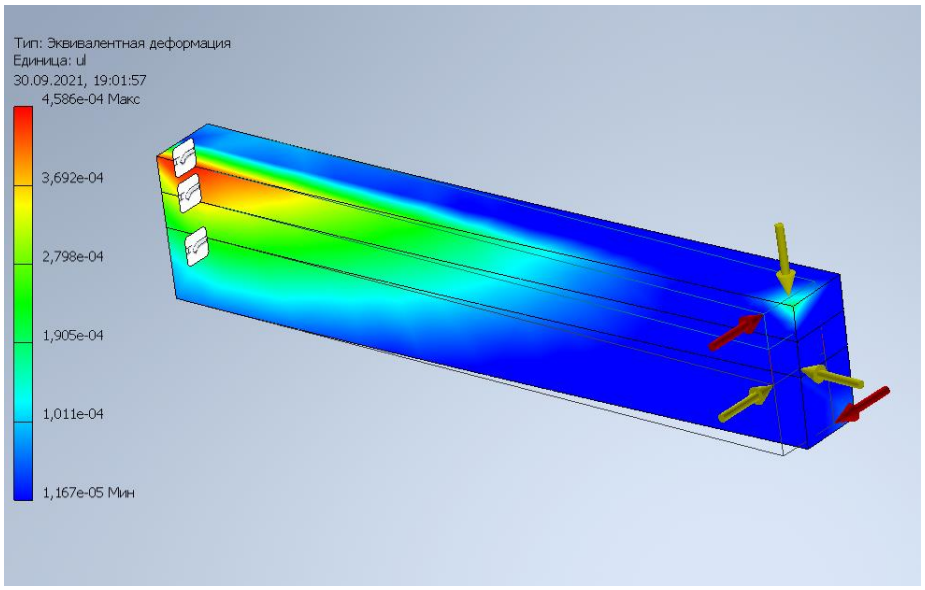


Рисунок 5 – Эпюра деформаций модели

Список литературы

1. Ломакин, В.А. Теория упругости неоднородных тел: учебное пособие / В.А. Ломакин. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 376 с.

2. Морозов, Н. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей, имеющих неоднородности материала [Электронный ресурс] / Н. А. Морозов, С. Н. Деревянкина, Ю. Л. Власов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 25-27 янв. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 678-683.

ОПТИМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ, ИМЕЮЩЕЙ ПОЛОСТИ

Деревянкина С.Н., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

При моделировании напряженно-деформированного состояния деталей, имеющих полости, возникает вопрос оптимизации данного моделирования [1, 2]. Это связано с тем, что с увеличением количества зон пониженной плотности, повышаются трудозатраты на моделирование. Чем локальнее вокруг полости расположена зона пониженной плотности, тем больше снижается плотность материала в данной области. Задачей данных исследований являлось нахождение зависимости между минимальной относительной плотностью зоны пониженной плотности и погрешностью получаемых напряжений и деформаций модели.

В качестве произвольного образца детали с полостями выбирался стальной стержень с размерами 20*40*200 (плотность – 7850 кг/м^3 , модуль Юнга – 204 ГПа) (рисунок 1).

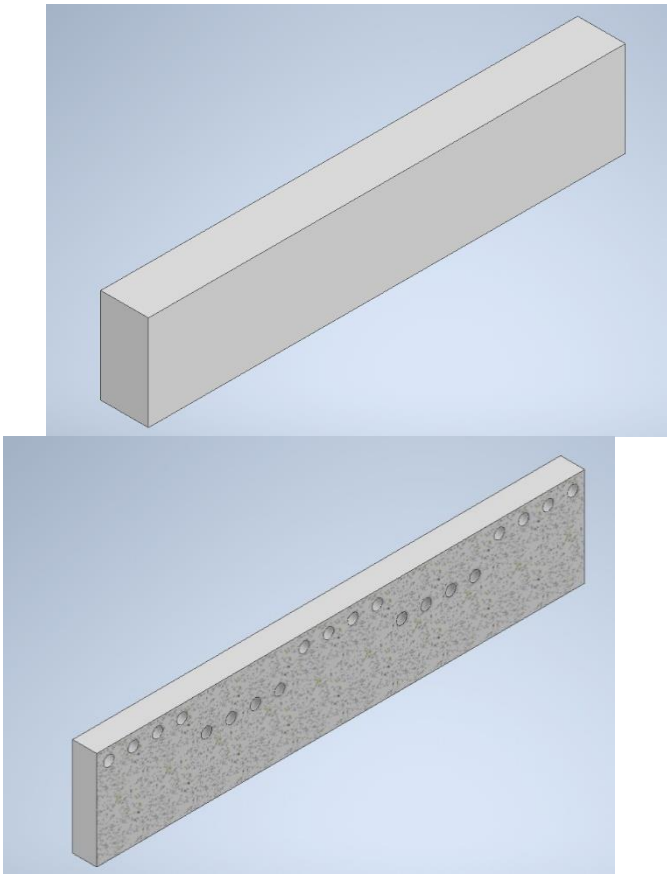


Рисунок 1 – Деталь, имеющая полости

Деталь закреплялась консольно и нагружалась изгибающими и сжимающими силами 1000 Н, а также крутящим моментом 40 Нм. Полученные эпюры напряжений и деформаций представлены на рисунках 2 и 3.

Для данной детали был предложен ряд моделей, имеющих зоны пониженной плотности. Модель 1 имеет одну область пониженной плотности, показанную на рисунке 4 зеленым цветом. В этом случае плотность этой области составляет 7770 кг/м^3, а модуль Юнга – 203 ГПа.

В связи с тем, что полости имеют зоны группировки (рисунок 1), модель 2 имеет 5 областей пониженной плотности, показанных на рисунке 5 серым цветом. Для них плотность – 7630 кг/м^3, модуль Юнга – 192 ГПа.

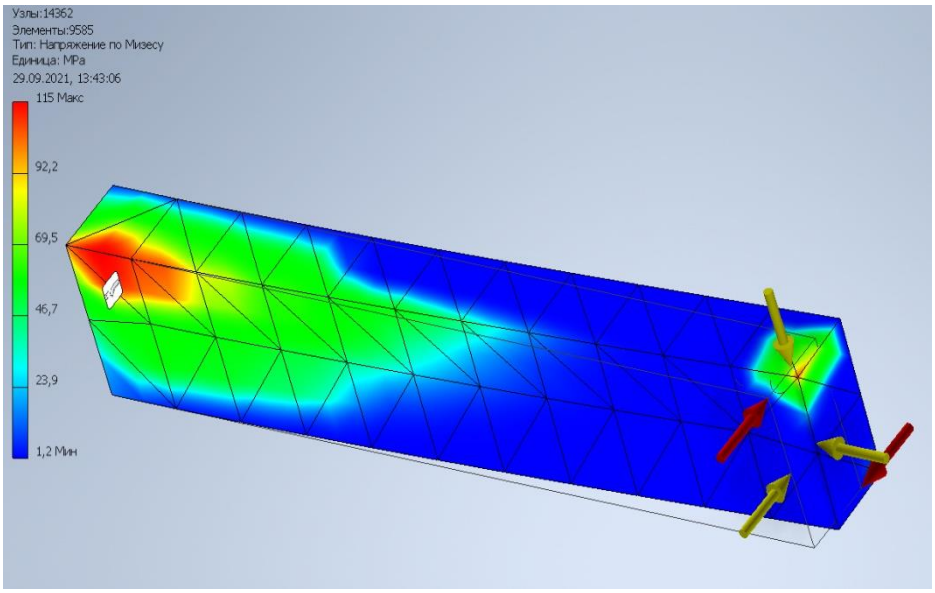


Рисунок 2 – Эпюра напряжений

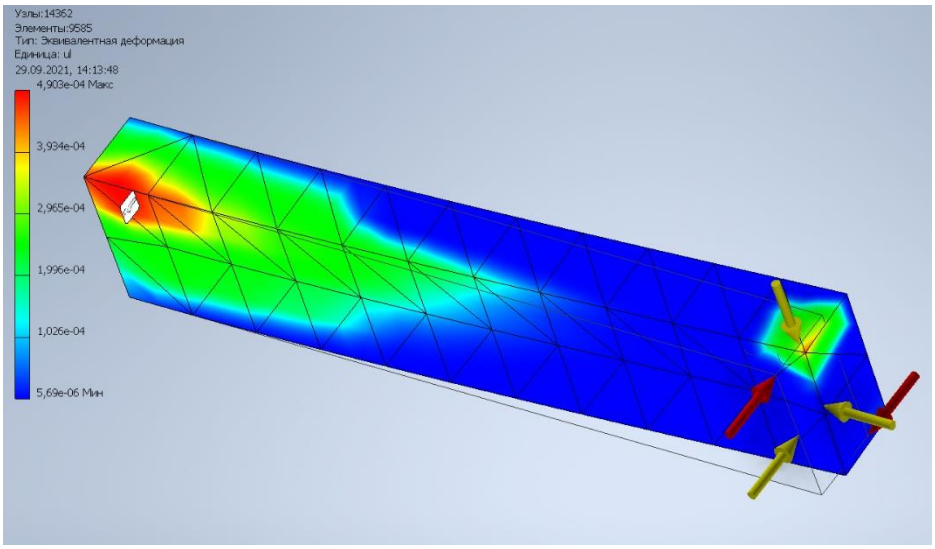


Рисунок 3 – Эпюра деформаций

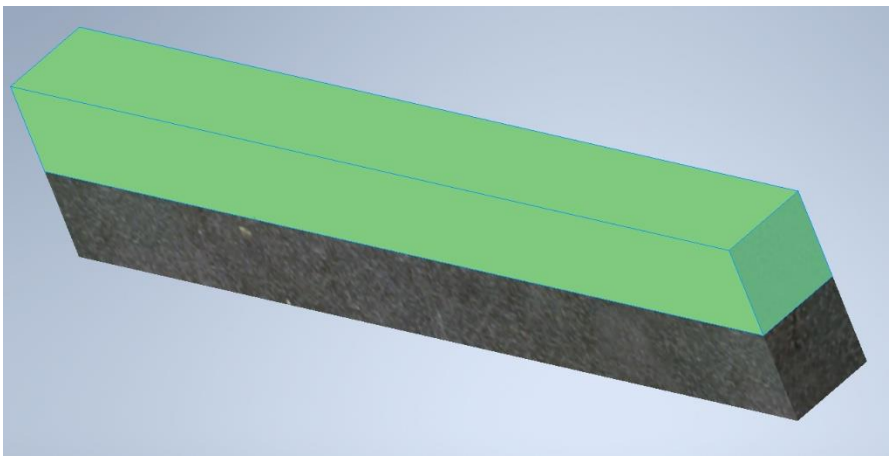


Рисунок 4 – Модель 1

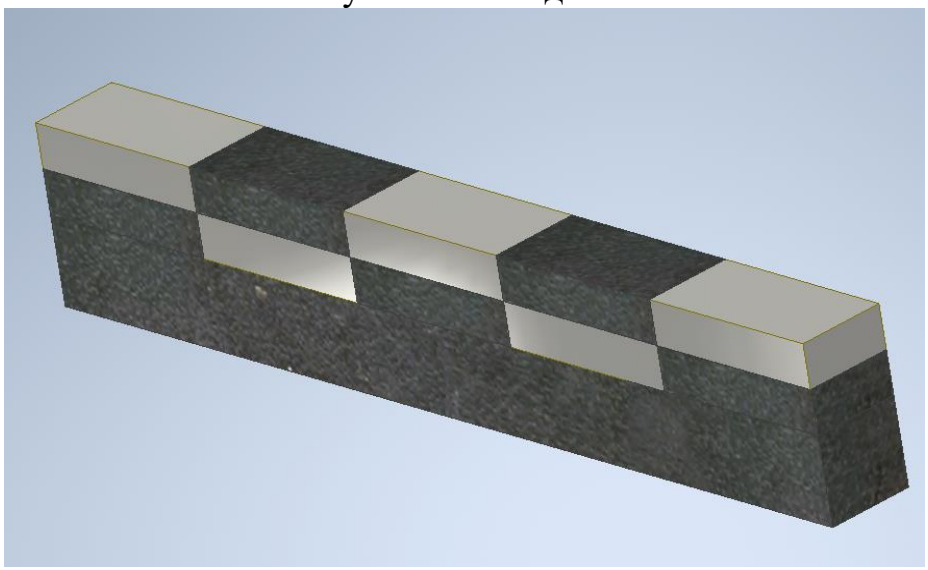


Рисунок 5 – Модель 2

В модели 3 ширина областей пониженной плотности уменьшена, что позволяет еще больше снизить плотность каждой области (рисунки 6, 7). Плотность областей с дефектами составит 7400 кг/м^3, модуль Юнга – 173 ГПа.

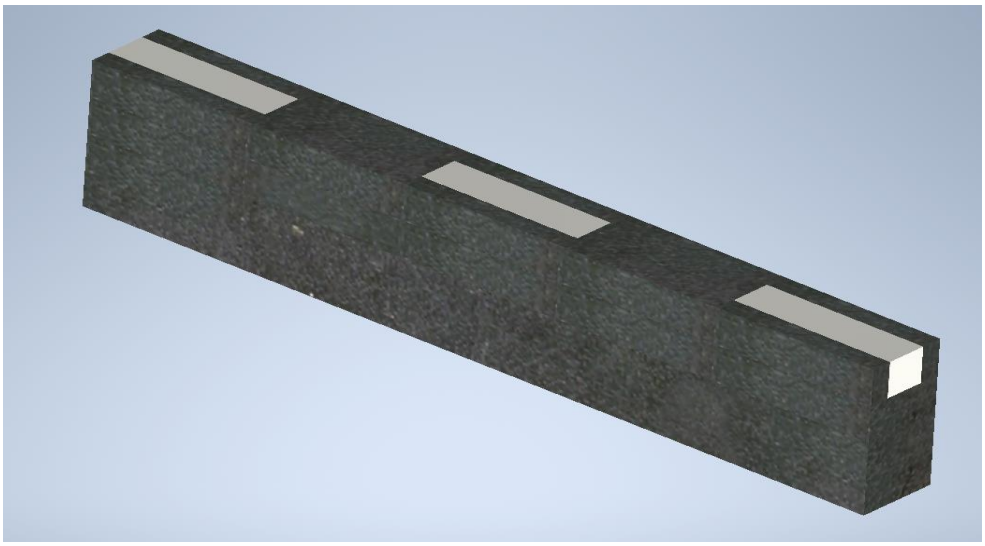


Рисунок 6 – Модель 3

Рисунок 7– Половинное сечение модели 3

Модели закреплялись и нагружались аналогично детали. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования

Объект	Деталь	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Количество областей со сниженной плотностью	-	1	5	5
Минимальная относительная плотность области, ρ / ρ_0	-	0,99	0,972	0,943
Максимальное напряжение, МПа	115	103,5	111,6	112,9
Расхождение напряжений, %	-	10	3	1,8
Максимальная деформация,10^{-4}	4,903	4,608	5,101	4,826
Расхождение деформаций, %	-	6	4	1,6

Как видно из таблицы наименьшие расхождения с напряжениями в образце и деформациями образца имеют напряжения и деформации моделей 2 и 3, причем для модели 3 величины этих расхождений не превышают 2 %. Это позволяет сделать вывод, что наиболее точные результаты дают модели, у которых минимальная относительная плотность области наименьшая.

Таким образом, для получения ошибки моделирования менее 2% рекомендуется размер области пониженной плотности выбирать таким образом, чтобы относительная плотность области не превышала 0,95.

Список литературы

1. Ломакин, В.А. Теория упругости неоднородных тел: учебное пособие / В.А. Ломакин. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 376 с.

2. Морозов, Н. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей, имеющих неоднородности материала [Электронный ресурс] / Н. А. Морозов, С. Н. Деревянкина, Ю. Л. Власов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 25-27 янв. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 678-683.

МЕТОДЫ НАСТРОЙКИ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

Связь антенны с передающей и приемной аппаратурой летательных аппаратов осуществляется при помощи фидерных линий. К числу основных параметров, характеризующих фидерные линии, относятся: волновое сопротивление, коэффициент затухания и коэффициент скорости.

Фидерные линии как линии передачи энергии имеют в своем составе различного рода переходы, фланцевые соединения, изгибы и т.д. Все эти элементы в значительной степени влияют на характеристики антенно-волноводного тракта и могут ухудшать их. Поэтому конструкцией и схемой высокочастотного тракта, конструкцией антенн предусматривается возможность согласования элементов друг с другом для получения необходимых выходных характеристик.

Сущность настройки антенно-фидерных устройств сводится к согласованию их с генератором в диапазоне рабочих частот этого генератора.

Показателем согласования является коэффициент стоячей волны (*Ксв*) или коэффициент бегущей волны (*Кбв*) [1,2].

На практике реальные фидерные линии всегда имеют много неоднородностей в виде соединительных и переходных устройств, вращающихся сочленений и т.п. В результате в фидерной линии возникают отражения электромагнитной энергии, и коэффициент бегущей волны будет отличаться от единицы. Это приводит к потере мощности в линии и изменению режима работы генератора.

Для сокращения потерь мощности н обеспечения оптимального режима генератора необходимо уменьшить отражения как на обоих концах фидерной линии, так и от всех имеющихся неоднородностей.

Задача согласования заключается в полном или частичном устранении отражений в фидерной линии в заданной полосе рабочих частот. Для согласования в условиях эксплуатации используются специальные, предусмотренные для этой цели, согласующие элементы: подвижные четвертьволновые трансформаторы, штыри (винты), шлейфы, поршни.

Перед комплексной настройкой антенно-фидерного устройства отдельно настраиваются вращающиеся сочленения, отражатель с облучателем и др.

Настройка вращающегося сочленения преследует две цели – получение наилучшего (наименее возможного) коэффициента стоячей волны в диапазоне рабочих частот и необходимой симметрии сочленения.

Эти параметры должны быть указаны в технических условиях на вращающееся сочленение. Настройку лучше начинать с симметрирования путем подбора надлежащего положения поршней. Положение поршней подбирается таким, чтобы обеспечивалось постоянство коэффициента стоячей волны при вращении перехода (симметрия по согласованию).

Обычно измерение коэффициента стоячей волны производится через каждые π/3 ... π/2, а затем подсчитывается среднеарифметическое значение коэффициента стоячей волны и отклонение от этого среднего значения максимальной и минимальной величины коэффициента стоячей волны. Измерения коэффициента стоячей волны производятся на всех заданных частотах.

После симметрирования вращающегося сочленения осуществляется согласование волноводов прямоугольного сечения с круглым волноводом. Согласование волноводов достигается путем перемещения четвертьволнового трансформатора, расположенного на входе вращающегося сочленения, до получения минимального коэффициента стоячей волны.

Вначале производятся проверка и настройка со стороны входа, а затем и выхода вращающегося перехода. Закрепление положения настроечных элементов перехода осуществляется с помощью стопорных винтов, штифтов или пайки. Четвертьволновые трансформаторы закрепляются специальным клеем.

Показателем симметрии сочленения является также величина фазового сдвига минимума стоячей волны, отсчитываемого при вращении сочленения. Определение фазового сдвига совмещается с измерением коэффициента стоячей волны сочленения. Вращающийся переход проверяется на электрическую прочность. При этом мощность передатчика постепенно повышается до максимальной. Наступление пробоя определяется на слух по характерному потрескиванию или звуковому сигналу. Проверка на электрическую прочность производится при нескольких положениях подвижной части перехода.

Критерием работы облучателя является коэффициент стоячей волны, а для сканирующих устройств – еще и симметрия вращающегося сочленения (или фазовый сдвиг). Если облучатель защищается колпаком из диэлектрика, проверку параметров облучателя необходимо производить после установки этого колпака.

В СВЧ диапазоне приходится в ряде случаев подстраивать антенны для достижения заданных параметров. Антенны различных типов настраиваются разными способами. Так, при настройке зеркальных антенн производится установление оптимального взаимного расположения облучателя и отражателя. При настройке вибраторных антенн типа «волновой канал» подбирается оптимальное расстояние между рефлектором и активным вибратором и между активным вибратором и директорами. В конструкции зеркальной антенны, как правило, предусматривается возможность некоторого перемещения отражателя для изменения фокусного расстояния. Изменяя фокусное расстояние, можно улучшить заданные параметры (диаграмма направленности, уровень боковых лепестков, коэффициент усиления).

Для получения необходимой ширины диаграмм направленности и уровня боковых лепестков в горизонтальной плоскости в ряде случаев изменяется наклон отражателя (регулировка антенны в вертикальной плоскости).

При измерении коэффициента стоячей волны антенн следует принять необходимые меры для исключения возможности отражений от окружающих предметов, так как это может оказать влияние на результаты измерений. Как правило, при измерении коэффициента стоячей волны антенна направляется в открытое

пространство.

Если настройка элементов антенно-фидерных устройств почему-либо не удается, то снимается частотная характеристика элемента. Для наглядности лучше всего построить график, отложив по одной оси частоту (длину волны), а по другой – значения коэффициента стоячей волны. В случае настройки не всего тракта, а какого-либо одного участка, обычно получается одна из четырех частотных характеристик (рисунок 1) [3].

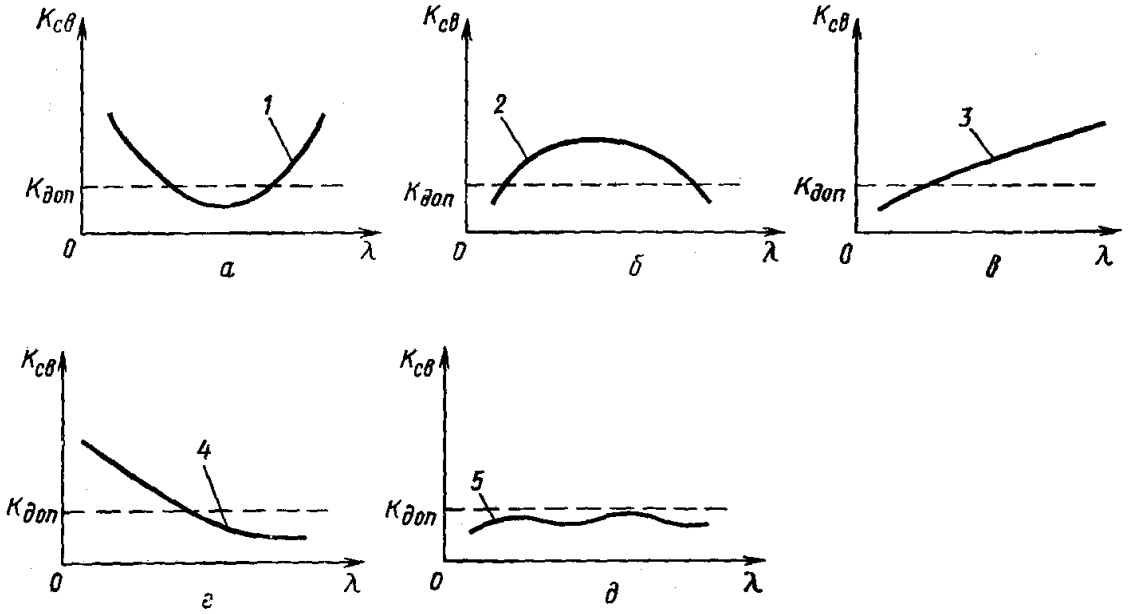


Рисунок 1 – Примеры частотных характеристик

Методы настройки различны. При наличии кривой 1 целесообразно добиваться наименьшего коэффициента стоячей волны на средней частоте диапазона. Тогда коэффициент стоячей волны на краях диапазона также будет снижаться.

При наличии кривой 2 следует провести небольшое рассогласование на крайних точках диапазона, где коэффициент стоячей волны значительно ниже нормы. В этом случае коэффициент стоячей волны на средних частотах диапазона может уменьшится.

Тот же самый метод применим и для кривых 3 и 4, только при этом следует добиваться уменьшения коэффициента стоячей волны на одном из краев диапазона за счет увеличения его на другом.

Когда производится настройка двух или нескольких элементов, целесообразно использовать их взаимную компенсацию. Так, при соединении двух элементов, имеющих частотные характеристики, аналогичные кривым 3 и 4, при соответствующих фазовых соотношениях возможно получение новой частотной характеристики (кривая 5), лежащей ниже предельно допустимого значения коэффициента стоячей волны (*Кдоп*).

Учитывая взаимную компенсацию отдельных элементов, настройку каждого элемента следует рассматривать не как самостоятельную задачу, а как составную часть общей регулировки, имеющей целью предварительную подготовку отдельных элементов. Если же элементы спроектированы так, что равномерной частотной характеристики и низких значений коэффициента стоячей

волны добиться затруднительно, приходится пользоваться методами взаимной компенсации.

При настройке антенно-фидерных устройств следует производить измерение коэффициента стоячей волны на низком уровне мощности. Количество точек по диапазону, в которых осуществляется измерение коэффициента стоячей волны, зависит от равномерности частотной характеристики устройства.

В длинных фидерных линиях с множеством сочленений и отражающих элементов (изгибов, скруток, вращающихся сочленений и т.п.) на отдельных частотах получается такое фазирование энергии от отражающих элементов, что коэффициент стоячей волны будет резко изменяться при изменении частоты всего на несколько мегагерц. При этом частотная характеристика представляется ломаной линией с большим числом перегибов.

Список литературы

1. Александров А.И. Эксплуатация радиотехнических комплексов / А.И. Александров. – М. : «Сов. радио», 1976. – 280 с.

2. Конторов, Д.С. Введение в радиолокационную системотехнику / Д.С. Конторов. – М. : «Сов. радио», 1971. – 368 с.

3. Фрадкин, А.З. Измерение параметров антенно-фидерных устройств / А.З. Фрадкин. – М. : «Связь», 1972. – 352 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТРЕНДЫ В МИРОВОЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

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

В данное время в России и во многих странах мира широко применяются новые передовые производственные технологии. Например, использование аддитивных технологий активно прорабатываются в таких сферах, как проектирование и производство компонентов и сборка конечных изделий, а также в сфере технического обслуживания, ремонта и послепродажного обслуживания, как военных, так и гражданских самолётов, двигателестроения, вертолётостроения, производства беспилотных систем, рисунок 1. Технологии используют также для мониторинга состояния конструкций в полёте и управления полётами.

Основные авиационные компании, включая корпорации Boeing, Airbus, Аэрофлот, всё активнее занимаются разработкой и распространением этих перспективных технологий, наращивая инвестиции и создавая новые союзы и объединения.

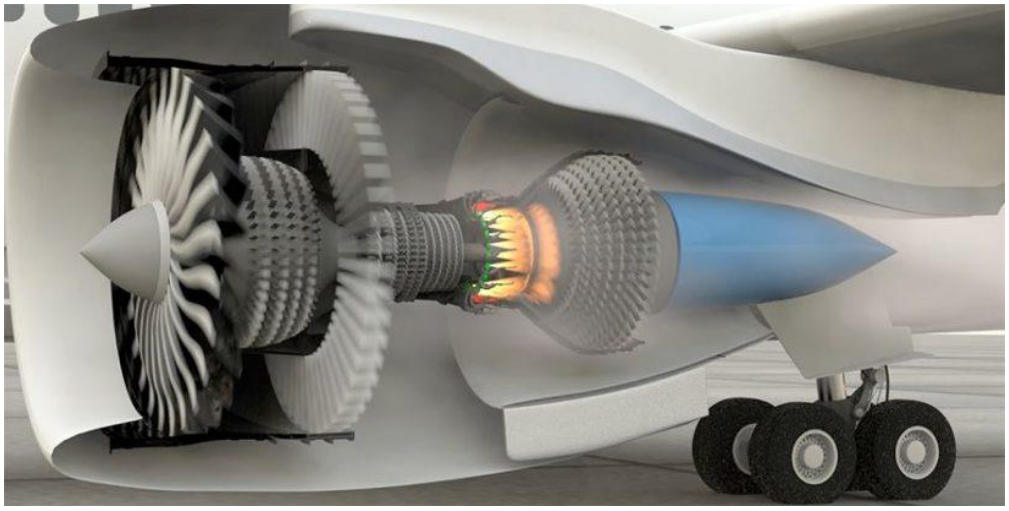


Рисунок 1 – Применение аддитивных технологий в авиадвигателестроении

В частности, специалисты ЦИАМ столь сложные модели изготавливают в кратчайшие по сравнению с традиционным производством сроки. Так, например, сверхзвуковое сопло на число Маха 1,3 изготовлено всего за 36 часов. Оно выдержало 8-часовые испытания при калибровке многоточечного насадка, применяемого при исследованиях сопел ТРДД 5-го поколения ПД-14 и ПД-35. Изготовленное с помощью новейших технологий крыло самолёта МС-21 планируется использовать для изучения взаимодействия акустических колебаний при интеграции силовой установки [1].

Помимо этого, новые технологии, позволяют усовершенствовать технические характеристики авиатехники, что высоко котируется на рынке. Опытно-конструкторские разработки в области фундаментальных и прикладных исследований, новых технологий и непосредственное их внедрение в технологические и производственные процессы требуют не малых вложений и инвестиций, они являются востребованными на рынке, поскольку способствуют в конечном счёте снижению общих затрат на производство и обслуживание авиатехники.

Все эти технологии, автоматизации большинства производственных процессов приводит к новым появлениям, так называемых, промышленных революций. Появление Интернета, мобильных устройств повлекло за собой третью промышленную революцию. Технологические эпохи представлены на рисунке 2.

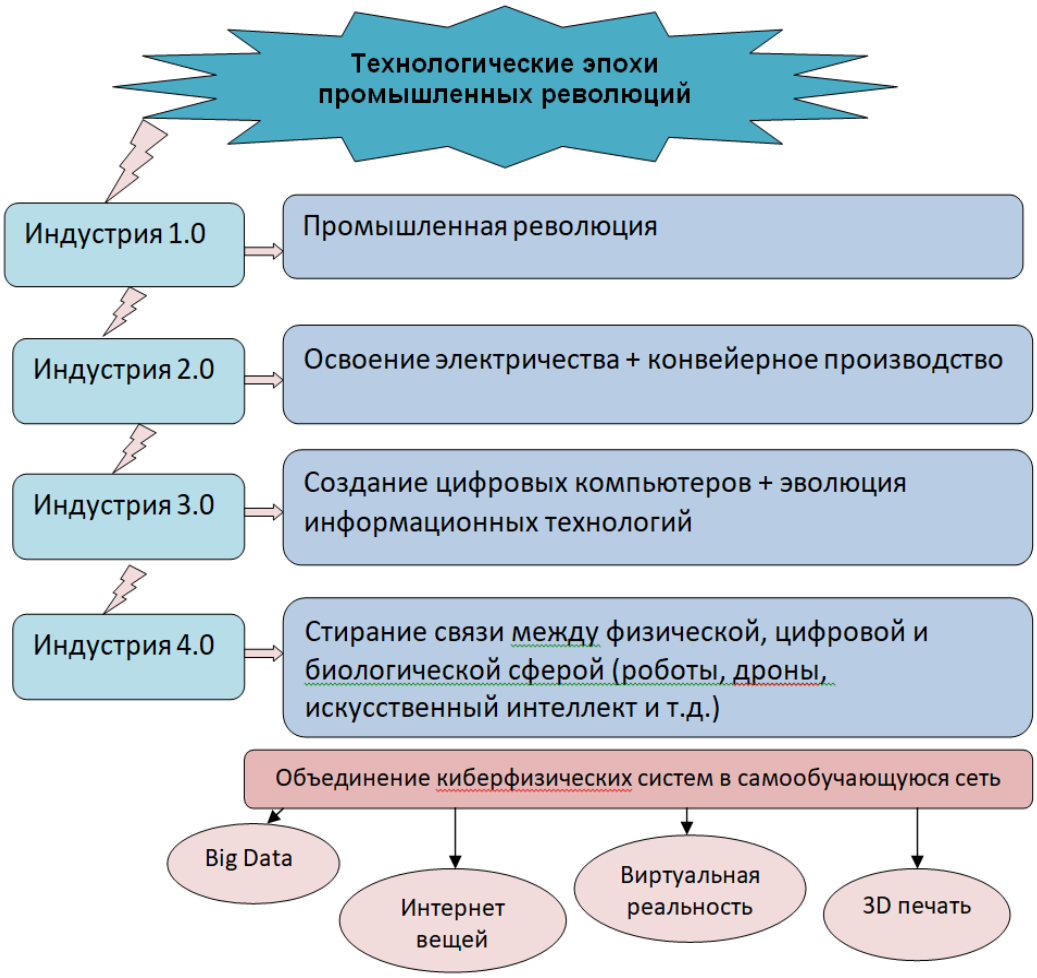


Рисунок 2 – Технологические эпохи промышленных революций

В 2016 году на 46-м Международном экономическом форуме, проходившем в немецком Давосе, при активном содействии ученых, политических деятелей, предпринимателей было объявлено о начале четвертой промышленной (индустриальной) революции, которая в научной литературе обозначается как Индустрия 4.0.

На рисунке 3 представлены образовывающиеся и усиливающиеся технологии и тренды, возникающиеся в связи с четвертой промышленной революцией.

Рисунок 3 – Образовывающиеся и усиливающиеся технологии и тренды, возникающиеся в связи с четвертой промышленной революцией

Четвертая промышленная революция привела к перераспределению места стран в глобальной конкуренции - это представило собой и шанс для России.

Одним из таких последних достижений информационных технологий по праву считаются «облачные» вычисления. Технология облачных вычислений в настоящее время является центральным средством развития разных отраслей промышленности, в том числе и авиастроения. Данная технология может служить основой для внутризаводских аналитических и интеллектуальных компьютерных сетей.

Можно выделить два подхода к акклиматизации облачных технологий на производстве: внедрение облачных расчетов в информационную инфраструктуру предприятия и непосредственно образование «облачного производства».

Любую вычислительную задачу теперь представляется возможным решить в «облаках», достаточно иметь под рукой PC, Mac или портативный компьютер и доступ к сети Интернет [2].

Аддитивные технологии и активно развивающиеся технологические тренды в области цифровизации, заслуживают особого внимания для более широкого применения в авиакосмической отрасли.

Список литературы

1. Специалисты ЦИАМ рассказали о применении аддитивных технологий в авиадвигателестроении. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aviation21.ru/specialisty-ciam-rasskazali-o-primenenii-additivnyx-texnologij-v-aviadvigatelestroenii/

2. Предпосылки возникновения новой концепции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studbooks.net/2143455/informatika/problemy_perspektivy_razvitiya

РАЗНОВИДНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ

Езерская Е.М., канд.пед.наук, Езерский Д.С.,
Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Магдин А.Г., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Развитие новейших технологий, позволяет современному обществу все активнее применять различные аппараты-роботы вместо себя. И беспилотная авиация интенсивно развивается в данном направлении, находя масштабное применение в различных областях: в сельском и городском хозяйстве; при ликвидации стихийных бедствий; в области тушения пожаров; при осмотре труднодоступных участков, как на суши, так и на воде; в нефтегазовой отрасли; в военных целях; в выполнении поисковых работ; при охране участков границы; доставляя медикаменты; в фотоискусстве и кинематографе и т.д., рисунок 1.

Рисунок 1 – Применение БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – это летательные аппараты без экипажа, способные автономно перемещаться в воздухе, управляемые

дистанционно или при помощи другого программного обеспечения, установленного на борту. Существуют и альтернативные варианты наименований БПЛА - дрон, коптер, беспилотник. Современные беспилотники различаются по способу полёта и его дальности, весу полезной нагрузки и другим характеристикам. Беспилотные технологии существует давно. Раньше эти аппараты были дорогостоящими и сложными, но в последнее время произошел настоящий прорыв и их миниатюризации (габариты, высота, масса, время полета, дальность, стоимость), что и приводим к доступности и перспективности данных технологий.

По разнообразию конструкции существует 4 основных типа беспилотных летательных аппаратов, рисунок 2.

Рисунок 2 – Основные типы БПЛА (по разнообразию конструкции)

Мультироторные – мультикоптерные дроны – часто используемый тип, рисунок 3. Представляют собой летающие платформы с 3, 4, 6, 8, 12 бесколлекторными двигателями с пропеллерами.

Рисунок 3- Мультироторный дрон

Дрон с четырьмя моторами называется – квадракоптер, с шестью – гексакоптер, с восемью – октокоптер. В полете держат горизонтальное положение относительно поверхности земли и могут зависать над определенным местом, перемещаться в стороны, вперед, назад, вверх и вниз, поворачиваться вокруг своей оси.

БПЛА с неподвижным крылом – беспилотники, которые для полета и создания подъемной силы используют «крыло», как и обычные самолеты, рисунок 4. Эти беспилотники не могут зависать на месте в воздухе, борясь с гравитацией. Вместо этого они могут двигаться вперед по заданному курсу и до тех пор, пока хватает энергии.

Рисунок 4 – БПЛА с неподвижным крылом

Однороторные дроны – беспилотные вертолеты – БПЛА, похожие по конструкции на вертолеты рисунок 5. В отличие от многороторного дрона имеют 1 большой ведущий винт и небольшой по размеру винт на хвосте, чтобы контролировать курс. Они гораздо эффективнее, чем многороторные версии. Имеют более высокое время полета и могут даже приводиться в действие двигателями внутреннего сгорания.

Рисунок 5 – Однороторный сельскохозяйственный дрон

Гибридные дроны – беспилотные летательные аппараты, сочетающие в себе преимущества моделей с неподвижным крылом с преимуществами моделей на основе винтов (например, возможность парения) [1]. Данные дроны проектировались еще в 60-х годах, но не имели успеха. Но с появлением датчиков нового поколения (гироскопов и акселерометров) гибридность конструкции получили свое развитие, рисунок 6.

Рисунок 6 – Гибридный дрон

По принципу полета все БПЛА можно разделить на 5 групп (первые 4 группы относятся к аппаратам аэродинамического типа), рисунок 7:

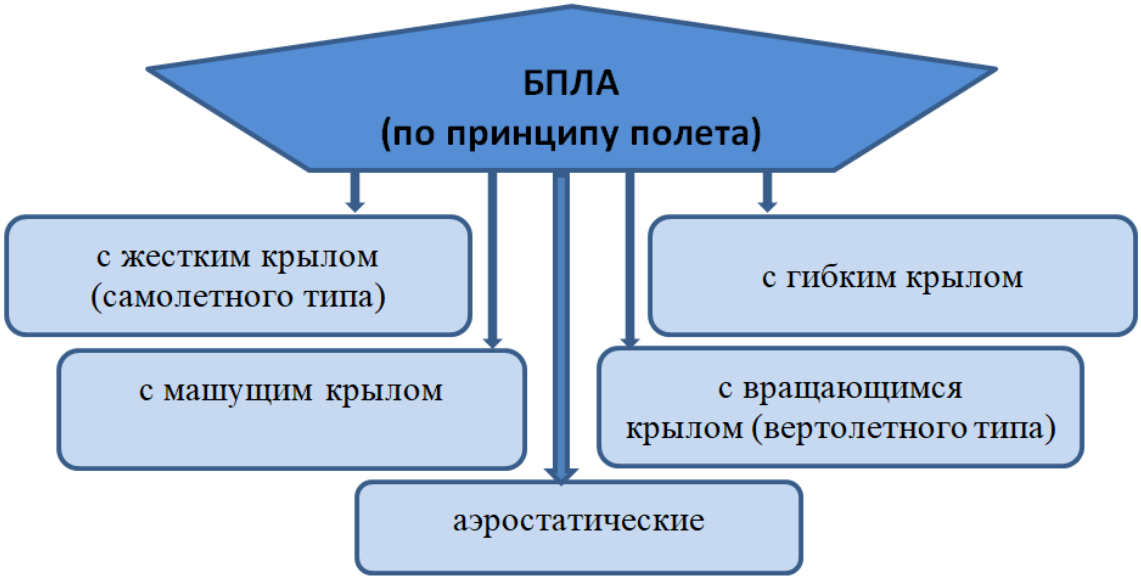


Рисунок 7 – БПЛА (по принципу полета)

Многообразие БПЛА осуществляет режим работы днем и ночью. Данные аппараты оснащены бортовыми радиолокационными комплексами, системами наведения, датчиками и видеокамерами [2]. Управлять беспилотными летательными аппаратами можно даже при помощи сотовых аппаратов, планшетов и других средств мобильной связи, также используя наземные станции. Они просты в эксплуатации, мобильны, быстро развертываются и иногда не требуют наземной инфраструктуры. Все это, позволяет увидеть колоссальную востребованность данных аппаратов.

Список литературы

1. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/676518-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bpla-/

2. Беспилотные летательные аппараты МЧС России: виды и классификация [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/

ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Емельянов А.Д.,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

За последнее время инвестиции в рынок 3D-печати на металле значительно выросли. Привлекательность печати по металлу обеспечивается исключительно для высокопроизводительных деталей из стали, титана, никелевых сплавов и алюминия со специфической геометрией. В полной мере 3D-печать может быть использована в промышленности при изготовлении деталей со сложной геометрией, так как снижается потребность в материале и соответственно вес заготовки также снижается, в нашем случае, объем металлического порошка.

Наиболее распространенными методами является selective laser melting (SLM) и direct metal laser sintering (DMLS), что на русском звучит как селективное лазерное плавление и прямое лазерное спекание. Так же, как пластиковые SLS, эти методы создают объекты путем наращивания тонких слоёв порошкообразным материалом, с помощью плавления его в вакууме с применением высоких температур – промышленного лазера.

До недавнего времени стоимость металлических принтеров была очень велика, а также из-за сложности конструкции 3D-принтеры были не практичными при изготовлении деталей малого объёма. Для такой работы требуется высококвалифицированный оператор и тщательно контролируемая среда. Из-за сложного процесса многие детали необходимо распечатать несколько раз, для настройки оборудования, чтобы получить результаты. В отличии от пластикового SLS, металлические детали, спеченные лазером, всегда, требуют опоры. Последующая механическая обработка резанием будет необходима, для удаления так называемых поддержек – опорных конструкций. Кроме того, металлический порошок, который в этих установках, чрезвычайно опасен и дорог в обращении.

Первоначально только несколько материалов могли быть напечатаны в 3D, и поэтому только некоторые компании и отрасли промышленности когда-либо покупали эту технологию. Но благодаря продолжающимся исследованиям список материалов расширился и включает такие материалы, как нержавеющая сталь (316L и 17-4 PH), инконель 625, титан 64 (Ti-6Al-4V), медь, инструментальная сталь H13, инструментальная сталь A2 и D2, алюминий (AlSi10Mg) и многое другое.

Но опять же, что касается затрат, металлические материалы для 3D-печати по-прежнему являются дорогостоящими, что ограничивает их использование для научно-исследовательских компаний, узкоспециализированных отраслей промышленности, таких как аэрокосмическая промышленность и здравоохранение. Но это быстро все поменяется, и ожидается, что большинство инжиниринговых компаний в ближайшее десятилетие будут внедрять металлические 3D-принтеры, тем самым снижая свои затраты.

Показатели за 2020 год по отрасли аддитивных технологий, так как 2021 ещё не закончен [1]:

–оборот российского рынка аддитивных технологий (аддитивного оборудования и комплектующих, материалов для аддитивной печати, услуг и программного обеспечения) составил 3560 млн. руб.;

–оборот российского рынка аддитивных установок и комплектующих к ним составил 2054 млн. руб.;

–объём продаж российских компаний на внутреннем рынке аддитивного оборудования и комплектующих составил 804 млн. руб.;

–объем продаж российских компаний на внешнем рынке аддитивного оборудования и комплектующих составил 40 млн. руб.

1.Селективное лазерное плавление (SLM)

Большинство машин для плавления в порошковом слое являются машинами для селективной лазерной плавки (SLM). Машины SLM используют мощные лазеры для соединения металлических слоев в детали. После печати оператор удаляет деталь (или детали) из слоя порошка, отрезая деталь от монтажной пластины и обрабатывая деталь после. Это действующий стандарт для печати на металле. Большинство компаний, таких как SLM Solutions Group AG, 3D Systems, DMG MORI, ReaLizer GmbH сегодня продают машины SLM.

Являясь наиболее зрелой разновидностью 3D-печати на металле, SLM часто берется за стандарт, по которому оцениваются другие технологии. Детали, напечатанные с помощью SLM технологии, отлично подходят для точных, геометрически сложных деталей. Они могут быть использованы в широком спектре: от стоматологии/здравоохранения до аэрокосмической промышленности. Объем детали варьируются от маленьких (100x100x100 мм) до больших (800 мм x 500 мм x 400 мм). Точность этих промышленных установок определяется шириной лазерного луча и высотой слоя. Большинство материалов, доступных для 3D-печати сегодня, можно использовать на SLM-машине.[3]

2.Электронно-лучевая плавка (EBM – Electron Beam Melting)

EBM относится к технологии аддитивного производства, которая использует электронный луч вместо лазера плавки порошка. GE Additive – единственная компания, производящая машины EBM. Электронный–лучевая плавка дает менее точную деталь, чем SLM, но сам процесс протекает быстрее. Эти машины имеют почти все те же ограничения, затраты и проблемы, что и машины SLM, но чаще используются в аэрокосмической и медицинской промышленности, чем где-либо еще.

3. Прямой подвод энергии и материала (DED – Direct Energy Deposition)

DED технология обычно используется для ремонта или доработки существующих деталей с помощью нанесения дополнительных материалов на существующую деталь. В отличие от технологии SLM, заготовка (которая может быть порошковой или проволочной) и лазер расположены на одной печатающей головке, которая одновременно распределяет и сплавляет материал. Полученные в результате детали очень похожи на сплавление в порошковом слое, с несколькими ключевыми отличиями и возможностями.

DED (использующий порошок в качестве материала) родственный метод SLM, также в этом методе используется лазер для плавления и металлический порошок. Вместо того, чтобы насыпать порошок на рабочий стол установки и расплавлять его лазером, машины с технологией DED выдувают порошок из печатающей головки, используя лазер на головке расплавляют порошок и через сопло выдавливается уже расплавленный материал на деталь.

DED (использующий проволоку в качестве материала) метод использующий проволоку и лазер. Эта технология аналогична методу с порошком, описанным выше, однако вместо порошкового материала используется проволока. Это технология используется при больших размерах детали (до 5 м х 1 м х 1 м) и более быстром времени печати за счет меньшей точности в сравнении с порошком. В результате проволочные детали DED спроектированы так, чтобы быть значительно крупнее и менее точными, чем машины с порошковым покрытием.[2]

4.Струйное нанесение связующего (Binder Jetting)

Binder Jetting – это крупномасштабный и высокоточный метод 3D-печати на металле, который может заменить SLM в качестве основного метода 3D-печати на основе сыпучих порошков.

Технология струйного нанесения металлических связующих похожа на то, что использует обычный струйный принтер для быстрого нанесения чернил на бумагу. Во-первых, машина для струйной обработки связующего равномерно распределяет металлический порошок по рабочему пространству, образуя несвязанный слой. Затем струйная головка, очень похожая на струйную головку в 2D-принтере, распределяет связующий полимер в форме поперечного сечения детали, свободно прилипая к порошку. Процесс повторяется до тех пор, пока машина не выдаст готовую деталь.

Детали, напечатанные на машинах для струйной печати, требуют этапа последующей обработки, так называемого “спекание”, чтобы стать полностью металлическими. В этом процессе печатная деталь нагревается в вакуме до температуры чуть ниже температуры ее плавления. Связующий материал сгорает, и металлический порошок соединяется в цельную деталь.

Струйное нанесение связующего материала обладает двумя основными преимуществами по сравнению с SLM технологией. Во-первых, машины могут печатать намного быстрее, используя несколько головок для одновременной печати в нескольких местах. Во-вторых, машина может изготовить десятки или даже сотни одинаковых деталей за один цикл. Эти детали могут быть спечены в большой печи для создания серийного производства. В результате струйное нанесение связующего материала происходит значительно быстрее в расчете на деталь, чем при любом другом типе печати на металле.

5.Экструзия Связанного Порошка (Bound Powder Extrusion)

В отличие от почти любого другого основного процесса 3D-печати, машины BPE не используют сыпучий металлический порошок. Вместо этого порошок смешивается с воскообразным полимером таким же образом, как создается металлическая литьевая заготовка для литья под давлением. В результате

получается материал, который намного безопаснее и проще в использовании, чем сыпучий порошок (BPE материал можно обрабатывать вручную и не требует мер безопасности, которые применяются в машинах для сыпучих порошков). Нить BPE выдавливается из сопла способом, очень похожим на стандартную 3D-печать SLA, в результате чего получается “зеленая” деталь, содержащая металлический порошок, равномерно распределенный в воскообразном полимере. После печати BPE проходит два этапа постобработки: во-первых, полимер в основном растворяется в “промывочной” машине. Во-вторых, промытая часть спекается в печи (аналогично струйной обработке связующего). Во время процесса спекания деталь сжимается за счет пространства (смытого воскообразного полимера), в результате чего получается полностью металлическая деталь.

Детали, напечатанные на системах BPE, часто требуют последующей термической обработки, и последующей обработки/полировки для улучшенной шероховатости поверхности.

Список литературы

1. https://www.kommersant.ru/doc/5089553

2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина // Издательство политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013 – 222 с.

3. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015 – 220 с.

АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ

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

В настоящее время промышленные предприятия все чаще прибегают к использованию методов бережливого производства в процессе своей деятельности [1]. Система бережливого производства представляет собой сочетание разнообразных методов и позволяет выявлять и устранять различные производственные потери, к которым относятся простои, брак, и некоторые другие. Это, в свою очередь, создает значительные конкурентные преимущества перед прочими организациями.

Карта потока создания ценности на сегодняшний момент является одним из самых широко применяемых продуктов бережливого производства, предназначенный для выявления каких-либо потерь в процессе промышленного производства.

Под ценностью в данном случае подразумевается качественные изменения изготавливаемого продукта, позволяющие идентифицировать его как нечто, имеющее большее значение для дальнейшего производства или конечного потребителя.

Карта потока создания ценности представляет собой визуализированную модель предприятия, на которой находят свое отображения все материальные и информационные потоки, а также учет времени, затрачиваемого на формирование этих потоков. Данный инструмент был разработан японской компанией Toyota, однако с конца двадцатого века нашел широкое распространение и за пределами Японии [2].

Построение определенного производственного потока выполняется непосредственно для конкретного рабочего цикла; все предприятия выказывают заинтересованность в визуализации производственного процесса, поскольку он позволяет проводить качественную оптимизацию всей работы промышленного предприятия [3].

Как только весь поток на производстве становится полностью отображенным, можно легко изменить степень детальности карты потока, изменив масштаб на карте каждого конкретного шага внутри или вне процесса создания ценности [4].

Необходимо отметить, что важнейшим условием в процессе составления карты потока создания ценности является учет времени и временных затрат на те или иные действия, связанные с производственным процессом. Необходимо тщательно замерять время каждой процедуры, каждого конкретного процесса, начиная от времени работы конкретной единицы оборудования и заканчивая перемещением заготовок в складские помещения или к конечному потребителю

[5].

Согласно обобщенной концепции бережливого производства, процесс картирования потока создания ценности имеет следующую последовательность (рисунок 1).

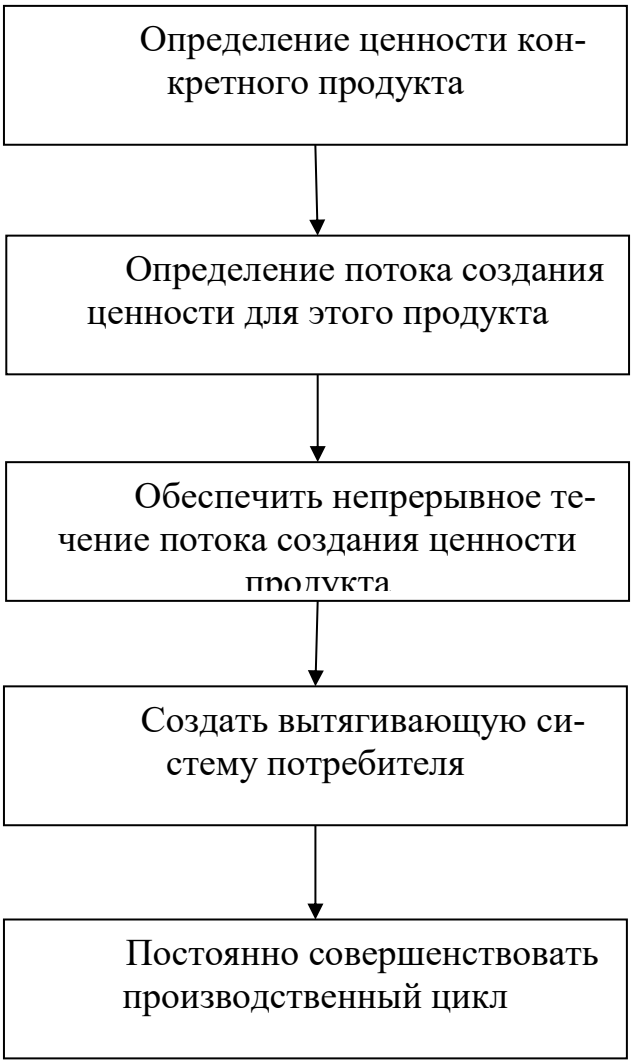


Рисунок 1 – Процесс картирования потока создания ценности

Достаточно часто встречается заблуждение, что ценность устанавливается производителем. На самом деле, ценность производителем создается, но ее оценка производится непосредственном потребителем. В этом аспекте возникает некоторое противоречие, которое характеризуется отсутствием связи между производителем и потребителем, поскольку зачастую наиболее «ценностные» этап производства могут не нести ценности для потребителя, а потому не могут быть им соответствующим образом оценены.

Эту задачу решает карта потока создания ценности. Подробное описание потока позволяет отобразить ценность с точки зрения потребителя, выявить необходимые издержки для создания подобной ценности исключить все прочие расходы, как не создающие ценность.

На представленном выше рисунке процесс картирования приеден лишь в

обобщенном виде. Далее, для углубленного понимания процесса построения карты потока необходимо отобразить максимально подробный алгоритм построения карты потока ценности для любого промышленного предприятия (рисунок 2).

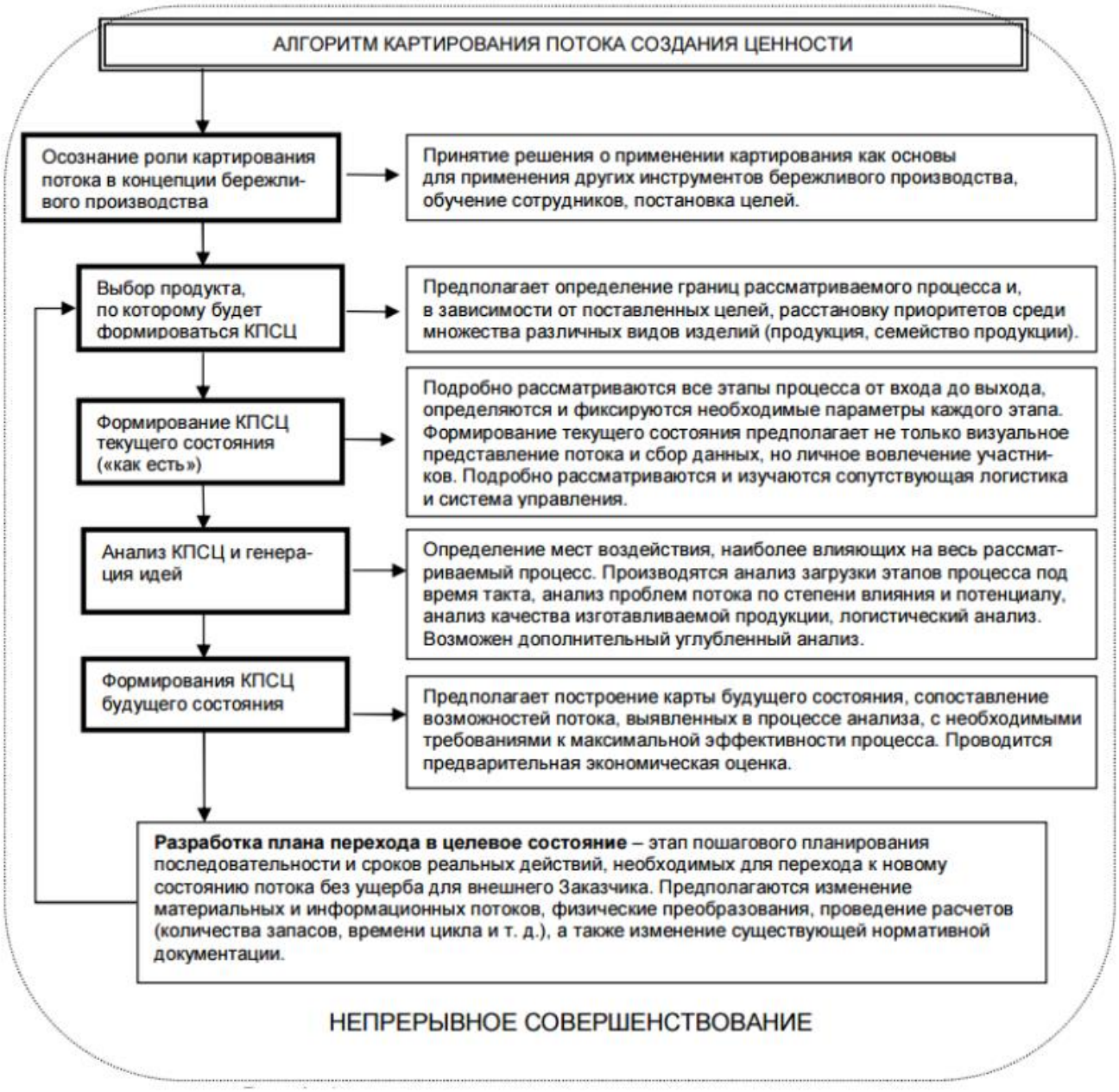


Рисунок 2 – Алгоритм построения карты потока создания ценности

Согласно приведенному алгоритму, карта потока охватывает все проистекающие на предприятии процессы, начиная от поступления заявки на производство конкретной продукции и заканчивая отгрузкой товара непосредственному потребителю. Карта потока служит для четкой визуализации всех действий, совершаемых на предприятии, так или иначе оказывающих влияние на конечный продукт. Карта позволяет выявить все потери, в том числе и скрытые, определить наиболее важные направления работы, ликвидировать действия, не

добавляющие ценности и оценить время исполнения всех протекающих процессов.

Наиболее важной величиной, с точки зрения сроков выполнения и, соответственно, потенциала оптимизации, является время потока, которое может составлять как несколько минут, так несколько суток. Для правильного понимания временных потерь необходимо многократно замерять каждый поток, перемещения между каждой из единиц оборудования. Многократное измерение позволит наиболее полно отобразить процесс перемещения и учесть факторы, оказывающие влияние на поток не постоянно, а время от времени.

Таким образом, метод построения карт потока является, в первую очередь, методом визуального анализа производственных процессов, позволяющий выявить простои оборудования как главнейших источников временных потерь. Анализ работ показывает, что отсутствие унифицированной формы (в том числе и стандартизации при расчете времени работы и простоев) является достаточно серьезной проблемой, поскольку затрудняет визуализацию и дальнейшую оптимизацию потоков производства.

Список литературы

1. Акимов, С.С. Построение карты потока создания ценностей в системе бережливого производства предприятия / С.С. Акимов, С.А. Гуньков // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс] : материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2018. – С. 654-657.

2. Акимов, С.С. Производственные процессы в карте потока создания ценностей [Электронный ресурс] / Акимов С. С., Трипкош В. А. // Актуальные проблемы экономической деятельности и образования в современных условиях : материалы Тринадцатой Междунар. науч.-практ. конф., 25 апр. 2018 г., Оренбург / отв. ред. Мишучкова Ю. Г. - Электрон. дан. - Красноярск : Научн.-инновац. центр, 2018. – С. 235-239.

3. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 473 с.

4. Ротер М., Шук Дж. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс: CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. – 144 с.

5. Гуньков, С. А. Разработка программного продукта для построения карты создания ценности [Электронный ресурс] / С. А. Гуньков, С. С. Акимов // Программные продукты и системы, 2020. - № 2 (33). - С. 204-209.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА ПОДАЧИ ТРУБ

Зиновьев Д.Д., Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

При проектировании податчика труб возникает большое количество вопросов по компоновке, материалам, типам приводов, креплению узлов и других. Вариантов решения данных вопросов – множество. Задача конструктора из всего множества возможных решений подобрать оптимальные по габаритам, массе, сроку службы, удобству и прочим параметрам.

В данной работе проводится анализ процесса спуско-подъема. На основании этих данных производится выбор в сторону тех или иных компоновочных решений.

При осуществлении спуско-подъемных операций с точки зрения изменения процесса наращивания труб, можно выделить три основных положения буровой установки в процессе работы [1]:

– при бурении вверх;
– при бурении вниз;
– при горизонтальном бурении.

При каждом из данных положений буровой установки процесс установки буровых труб на станок будут отличаться по скорости и трудозатратам и прочим характеристикам. Для разбора колонны на станке требуется применить обратную последовательность действий.

Схема установки трубы при горизонтальном бурении приведена на рисунке 1.

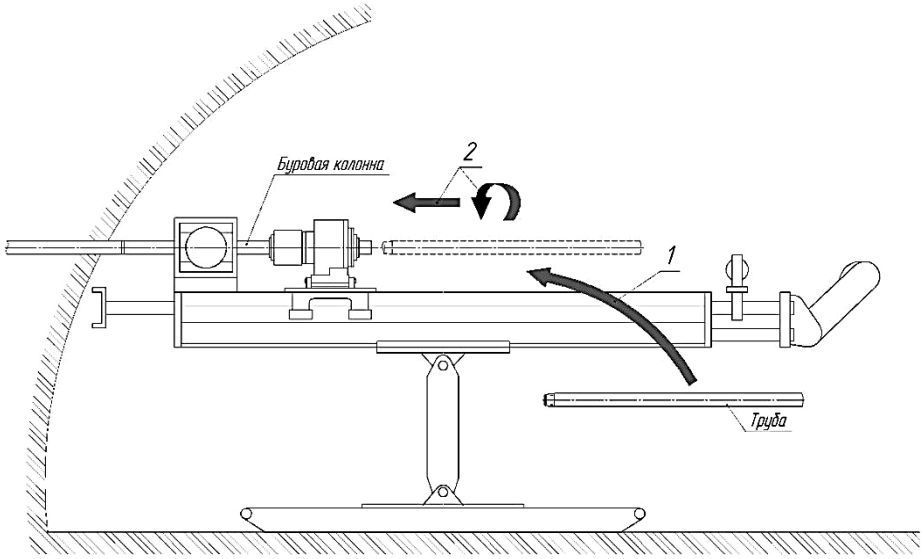
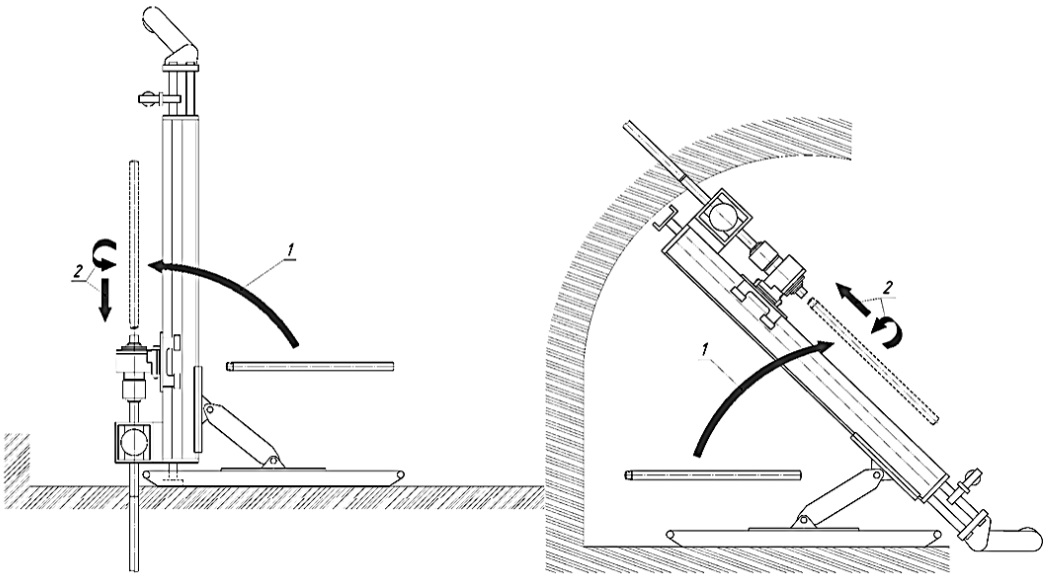


Рисунок 1 – Установка при горизонтальном бурении

При горизонтальном бурении колонна лежит от уровня горизонта в диапазоне ±20°. При таком положении установки буровикам требуется совершить два

действия: сориентировать трубу по направлению буровой колонны (позиция 1 на рисунке 1) и закрутить трубу (позиция 2 на рисунке 1).

Данный случай зачастую наиболее легок при установке трубы, так как часть веса трубы поддерживается роликом на податчике, а также сама ось бурения пролегает на уровне груди стоящего человека, что облегчает работу с инструментом при завинчивании трубы.



а) б)

Рисунок 2 – Установка при бурении вверх и бурении вниз

Схема установки трубы при бурении вниз приведена на рисунке 2 а. При бурении вниз колонна лежит от уровня горизонта в диапазоне от +20 до +90°. При таком положении установки буровикам требуется также совершить два действия: сориентировать трубу по направлению буровой колонны (позиция 1 на рисунке 2 а) и закрутить трубу (позиция 2 на рисунке 2 а), но при вертикальной ориентации трубы и движении свинчивания, направленном вниз.

Данный вариант сложнее предыдущего, так как данные операции производятся на высоте обычно превышающей рост человека, из-за чего персоналу приходится вскарабкиваться на органы буровой установки для осуществления действий по завинчиванию трубы. Положительным фактором является то, что сила тяжести трубы направлена по оси свинчивания труб, но это достигается при бурении угле бурения в 90° или примерно равных ему.

Схема установки трубы при бурении вверх приведена на рисунке 2 б. При бурении вверх колонна лежит от уровня горизонта в диапазоне от -20 до -90°. При таком положении установки буровикам требуется также совершить два действия: сориентировать трубу по направлению буровой колонны (позиция 1 на рисунке 2 б) и закрутить трубу (позиция 2 на рисунке 2 б), но при вертикальной ориентации трубы и движении свинчивания, направленном вверх.

Данный вариант наиболее редко встречается на практике ввиду сложности осуществления. При наращивании труб здесь возникают трудности заключающиеся в ограниченности пространства для труб, для завинчивания трубы

требуется преодолевать ее силу тяжести, а также труба постоянно на весу, что мешает расположить соосно резьбовые части на трубах. Также случай является самым опасным из приведенных, ввиду работы персонала под тяжелой буровой колонной.

Для начала проектирования манипулятора и построения его кинематической схемы необходимо движения трубы при осуществлении спуско-подъемных операций разбить на простые движения (вращательное, прямолинейное), которые будет осуществлять захват проектируемого манипулятора. Причем набор данных движений должен позволять манипулятору завинчивать трубу при любом направлении бурения.

Полученные перемещения манипулятора:

– перемещение трубы по направлению оси бурения;

– поворот трубы параллельно оси бурения;

– поворот трубы по оси бурения;

– свинчивание труб.

Следующим этапом после анализа движений будущего манипулятора является создание кинематической схемы движений. Схема движений исполняется без уточнения типов приводов на основе движений, полученных из предыдущего пункта и расположенных в том же порядке от условно неподвижного звена (звено неподвижно при работе манипулятора). Кинематическая схема движений приведена на рисунке 3.

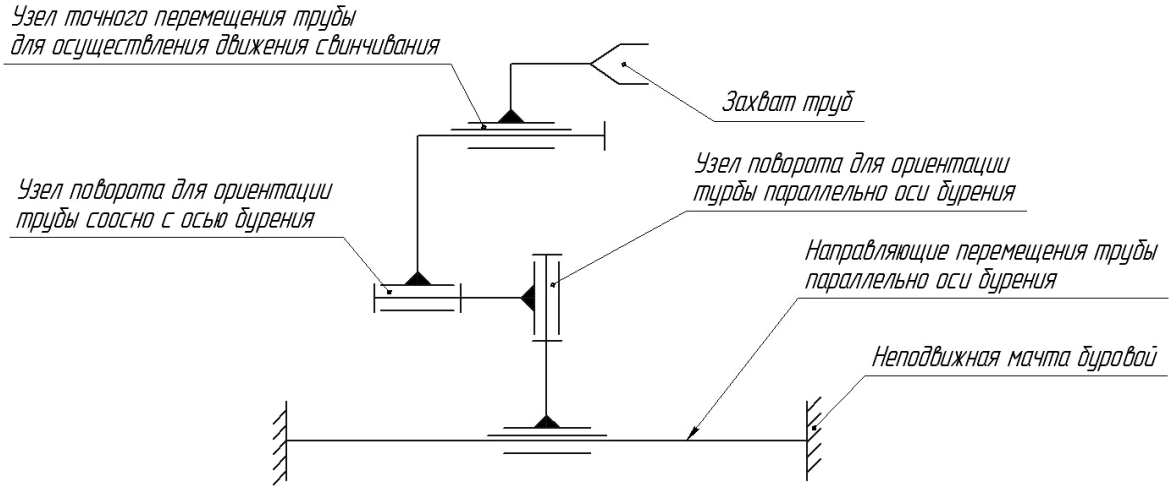


Рисунок 3 – Кинематическая схема движений манипулятора

Структурная модель механизма представлена на рисунке 4.

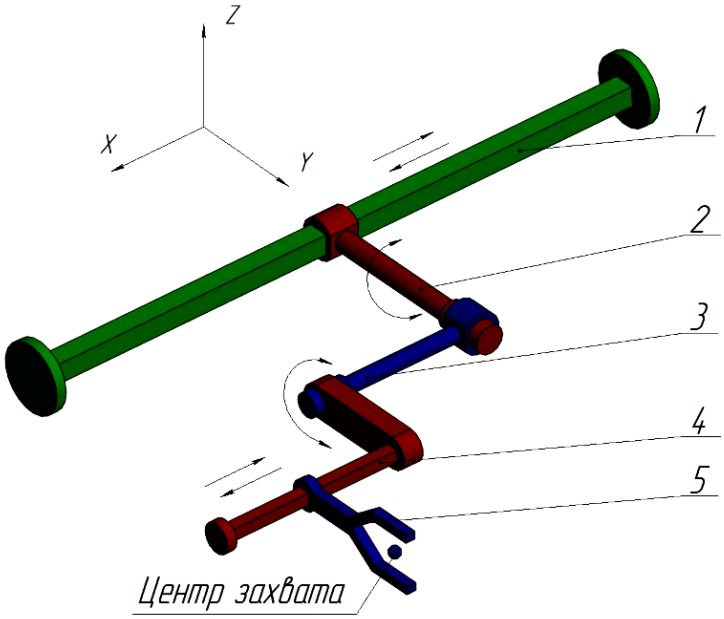


Рисунок 4 – Структурная схема механизма

Пятым звеном на рисунке является механизм захвата труб. Звено 5 совершает поступательное возвратно-поступательное движение относительно звена 4. Эта кинематическая пара служит для надвигания тела одной трубы на другую. Это движение выделено в отдельную кинематическую пару, вместо использования кинематической связи, получаемой звеньями 1 и 2, для обеспечения кинематической связи перемещения трубы с ее вращением, так для успешного завинчивания резьбы требуется ее точное перемещение на величину шага резьбы за один оборот трубы вокруг своей оси. При таком движении точки взятые на теле завинчиваемой трубы описывают спиральную траекторию относительно неподвижной трубы. Кинематическая пара образованная звеньями 1 и 2 планируется для быстрого перемещения.

Звенья 4 и 3 образуют вращательную пару для перемещения завинчиваемой трубы к оси бурения установки для дальнейшего перемещения трубы по оси бурения. Для осуществления этого действия нужен поворот на 180°.

Звенья 3 и 2 реализуют вращательную кинематическую пару. Она служит для ориентации трубы по направлению податчика и колонны труб из горизонтального положения. При бурении не в вертикальном положении данная кинематическая пара будет ориентировать трубу параллельно оси бурения для успешного свинчивания труб. Для осуществления данного действия также требуется только поворот на 180°.

Звенья 1 и 2 образуют поступательную кинематическую пару. Она служит для ускоренного перемещения манипулятора по податчику для перемещения трубы в нужную точку. Данное движение не подлежит настройке, поэтому не подходит для завинчивания трубы.

Захват манипулятора будет представлять собой устройство для фиксации и вращения трубы. Устройство захвата приведено на рисунке 5.

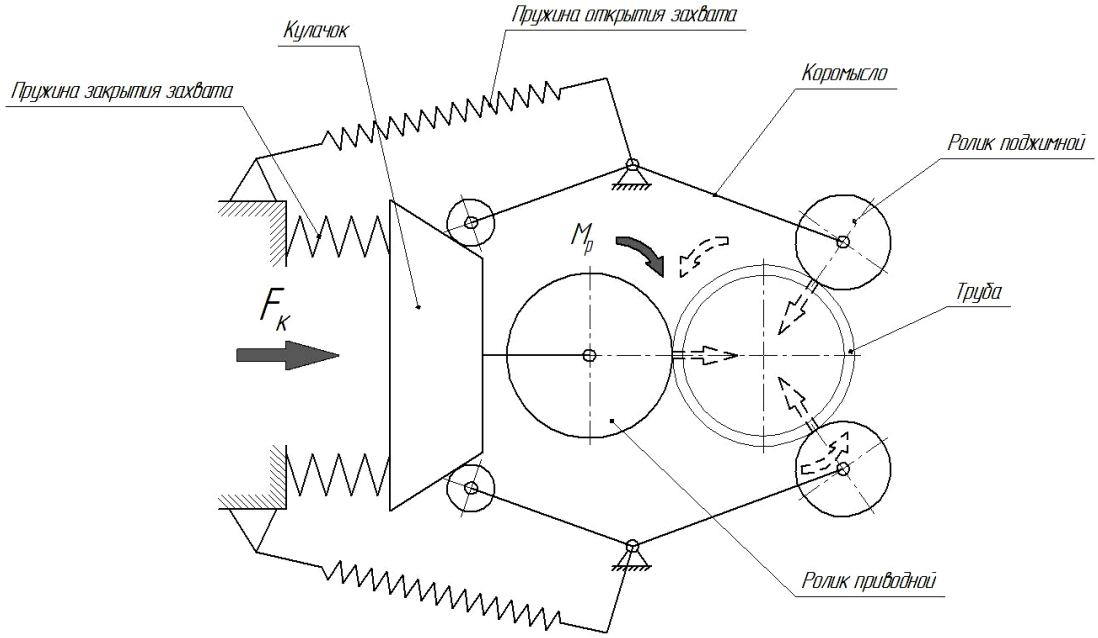


Рисунок 5 – Устройство захвата буровой установки

Зажимное устройство захвата – открытое, для удобства подачи и разжима трубы. При исполнении зажимного устройства в виде патрона требуется увеличенный ход манипулятора после зажима, чтобы вывести патрон из трубы и вернуться в начальное положение.

Зажим осуществляется тремя роликами – двумя поджимными и одним приводным роликами. Приводной ролик жестко закреплен с приводным механизмом, который передают усилие для зажима трубы. Поджимные ролики передают усилие зажима трубе через коромысло, приводимое кулачком, жестко закреплённым с приводом.

Вращение трубе сообщается при помощи приводного ролика при помощи силы трения качения. Ролик приводной закреплен с выходным валом привода, который будет передавать крутящий момент.

Данная схема захватного устройства является самоцентрирующейся, что позволяет зажимать трубы разного диаметра, при этом не изменяя положения оси этих труб.

В горных машинах повсеместно используют гидравлические привода из-за ряда преимуществ над другими. Станок, на котором предполагается производить модернизацию также использует гидравлические привода [2, 3]. Для этого у него имеется маслостанция преобразующая электроэнергию в движение потока гидравлической жидкости. Предполагается и в проектируемом манипуляторе использовать гидравлический привод (ввиду возможности) из-за ряда преимуществ:

– компактность;

– увеличенный срок эксплуатации;

– легкость установки предохранительных компонентов;
– легкость параллельной передачи энергии на разные узлы;
– возможность работы с большими усилиями.

При помощи гидроприводов нужно реализовать два вида перемещений – поступательное и вращательное. Для реализации поступательного движения в манипуляторе будут применяться гидроцилиндры линейных перемещений, а для реализации вращения – поворотные гидроцилиндры и гидромоторы.

Поворотные гидроцилиндры осуществляют поворотные движения, не требующие поворота более чем на 360° [4]. Такая ограниченность в угле поворота данного гидроцилиндра заключается в его принципе действия. Для осуществления поворота в конструкции гидроцилиндра имеется поршень с многозаходной резьбой, который преобразует линейное перемещение от давления жидкости во вращательное при перемещении по спирали резьбы. Чем длиннее резьбовая часть, тем больше угол поворота, так увеличение угла поворота приводит к увеличению длины корпуса. В движениях проектируемого манипулятора присутствую узлы совершающие обороты, не превышающие 360° – ориентация трубы параллельно оси бурения и поворот трубы к оси бурения.

Для реализации вращения приводного ролика зажимного устройства поворотные гидроцилиндры не подойдут, так как ролик должен совершать более одного поворота, а сам привод должен быть компактным. В данном случае хоршим выбор для привода – героторный гидромотор [5]. Данные типы приводов характеризуются маленькими габаритами при достаточно больших доступных скоростях и моментах

С уточненными приводами можно обновить кинематические схемы, составленные ранее. Обновленные схемы приведены на рисунках 6 и 7.

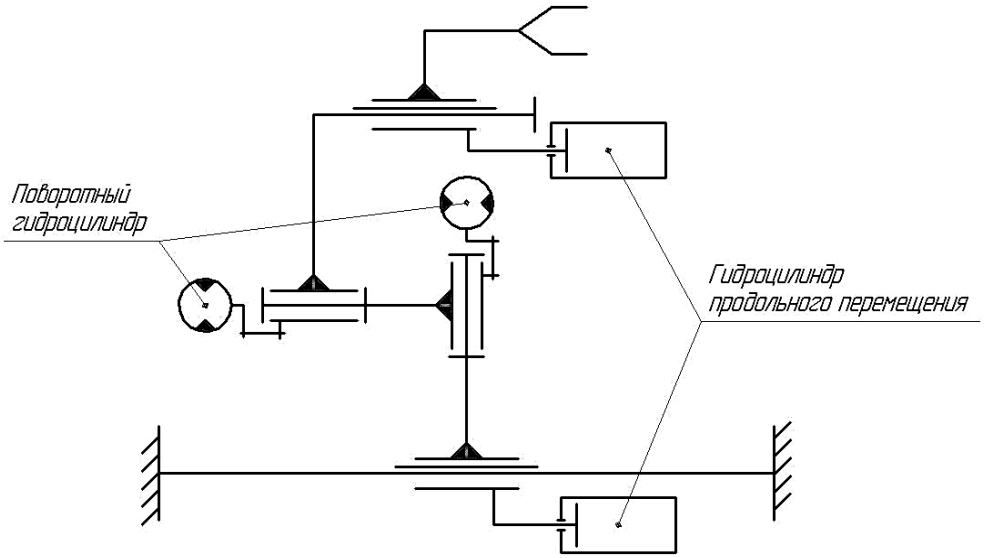


Рисунок 6 – Кинематическая схема манипулятора

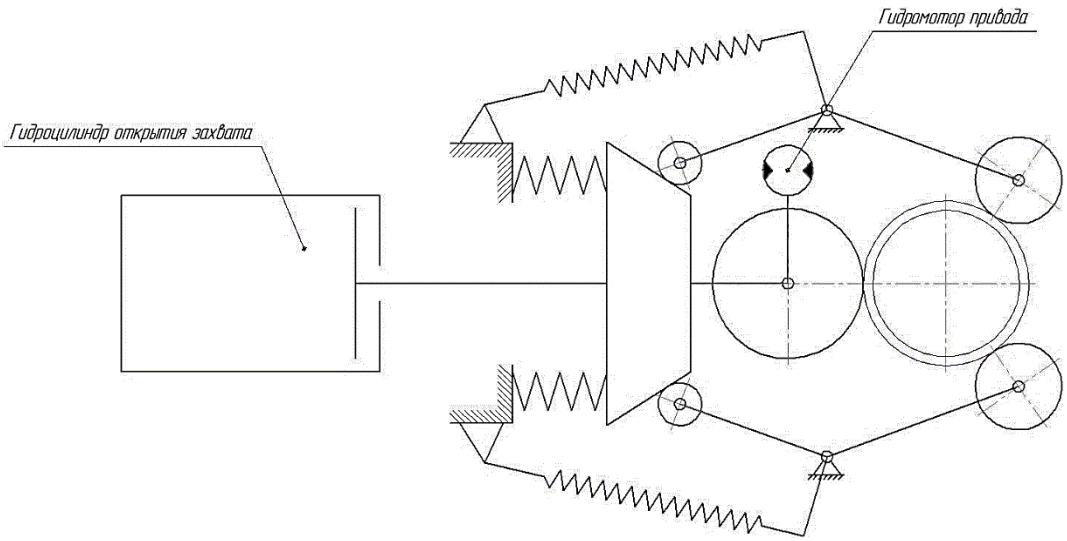


Рисунок 7 – Устройство захвата с приводами

Таким образом, в статье представлен проект новой конструкции манипулятора подачи труб, который позволит существенно увеличить эффективность операции установки буровых труб на бурильной установке. На первом этапе проекта была разработана кинематическая схема движений, необходимых при установке бурильных труб в бурильной установке. На её основе была разработана компоновочная схема механизма подачи труб в бурильной установке. На третьем этапе проекта была разработана кинематическая схема устройства захвата бурильных труб. Её реализация позволила внести коррекцию в разработанную ранее кинематическую схему манипулятора. В дальнейшем при проведении силового расчёта потребуется провести инженерный расчет в любой из доступных CAE-систем. Это позволит определить статические, модальные и динамические характеристики манипулятора.

Список литературы

1. Установка разведочного бурения УРБ-2А-2 и УРБ-2А-2Д УРБ-2Д3, УРБ-2НТ, УРБ-4Т : руководство по эксплуатации : разработчик и изготовитель Машиностроительный завод им. В.В. Воровского. – Екатеринбург, 2007. – 80 с.

2. Куликов, В.В. Аналитическое исследование взаимосвязи характеристики гидравлического механизма подачи буровой установки и технологических параметров бурения геолого-разведочной скважины / В. В. Куликов, С. Завацкий // Изв. Вуз. Геология и разведка. – 2015. – № 6. С.67 – 73

3. Коваль, П. В. Гидравлика и гидропривод горных машин : учебное пособие / П. В. Коваль. – Москва : Машиностроение, 1979. – 319 с.

4. Helical hydraulic Rotary actuators : каталог : разработчик и изготовитель Helac. – Инамкло, 2020. – 20с.

5. Hydraulic motors : каталог : разработчик и изготовитель M+S Hydraulic. – Казанлык, 2012. – 128 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И БОРИДА ХРОМА, ПОЛУЧЕННОГО ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

Иванов П.А., Николаева Д.Н.,
Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор, Оплеснин С.П.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Лазерная наплавка - технология, которая позволяет восстанавливать детали из металла, подвергающиеся повышенному износу при эксплуатации, а также динамическим нагрузкам и механическим воздействиям.

На обрабатываемой поверхности лазерным лучом создается ванна расплава (рисунок 1). В эту зону подают различные присадки: порошок, проволока, газопорошок или другой материал. В результате металлургического процесса на поверхности изделия образуется наплавленный слой, восстанавливающий изношенную структуру [1].

Широкое применение данный метод получил на предприятиях, занимающихся изготовлением и ремонтом металлических инструментов, штампов, пресс-форм, компонентов компрессорного оборудования и пр.

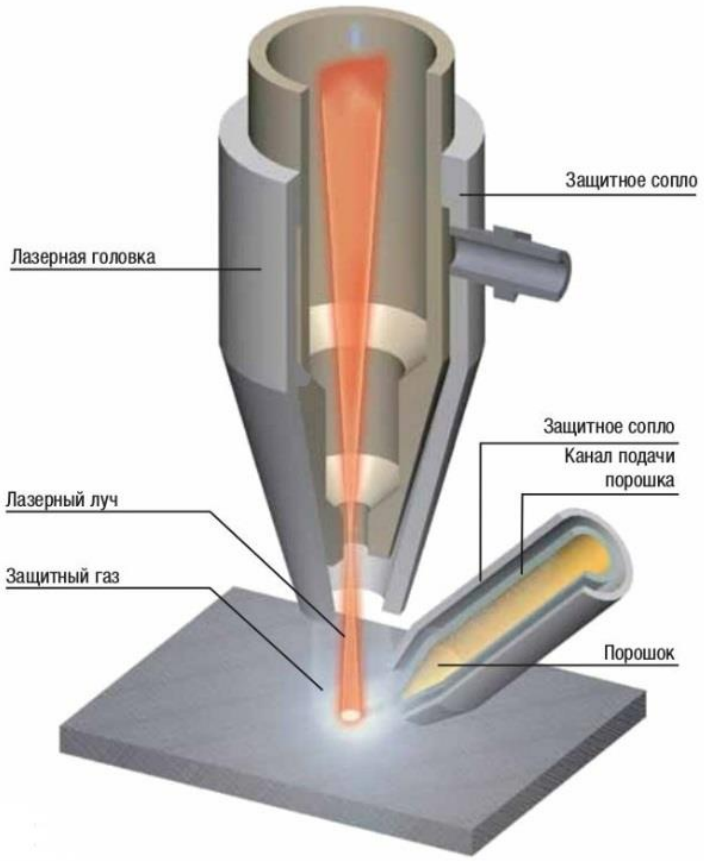


Рисунок 1 – Схема процесса лазерной наплавки [2]

В ходе технологического процесса лазерной наплавки убираются трещины, сколы, царапины, задиры, забоины и прочие дефекты поверхности, восстанавливается прочность изделия. Данная технология наплавки отличается высокой точностью, поскольку осаждаемый материал сплавляется с поверхностным слоем металла при помощи лазерного луча. Это гарантирует образование прочных связей между осажденным материалом и подложкой. Глубина зоны термического влияния при лазерной наплавке обычно не превышает 0,5 – 0,6 мм, поэтому детали при таком восстановлении не деформируются.

Исследуемым материалом в работе являлась коррозионно-стойкая нержавеющая сталь аустенитного класса [3] марки 12Х18Н10Т с нанесенным лазерным покрытием. На рисунке 2 показана структура покрытия, полученная при помощи электронного микроскопа JEOL-6000.

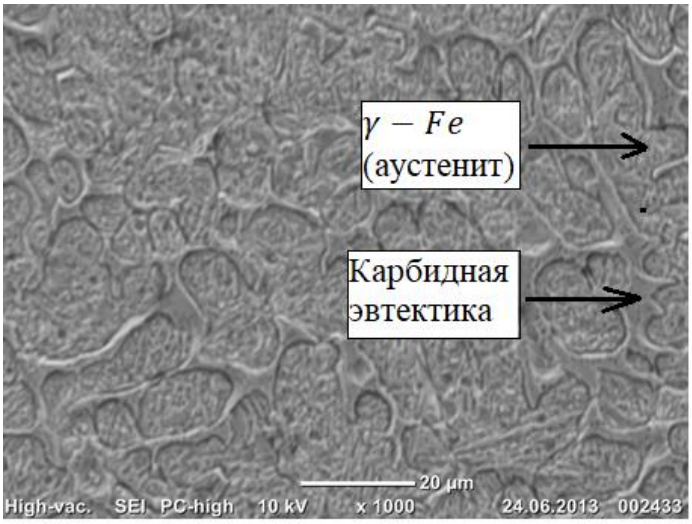


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение покрытия

Методом электронной растровой микроскопии с применением энергодисперсионного анализатора определили содержание основных элементов в материале покрытия. Спектрограммы и результаты спектрального химического анализа представлены на рисунке 3.

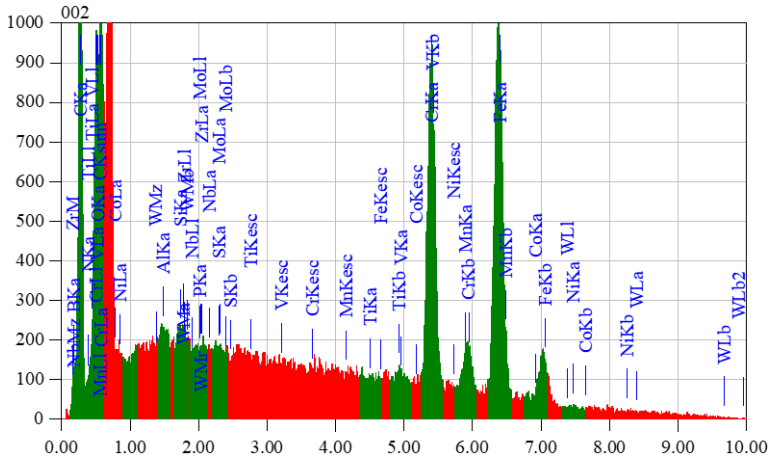


Рисунок 3 - Спектрограмма распределения химических элементов

В ходе химического анализа определили содержание основных элементов данной области: B – 13,16%, C – 27,82%, N – 2,17%, Cr – 21,25%, Fe – 32,12%. Так как C-27,82%, следовательно, в структуре поверхности присутствует значительное количество карбидов на основе железа и хрома.

Полный фазовый состав наплавленной композиции определили методом рентгенофазового анализа. Для этого опытным путем исследовали образец с помощью минидифрактометра МД-10 с медным катодом. Образец бомбардировали электронами 25 КэВ в двух режимах: «Режим 1» и «Режим 2» в разном диапазоне углов 2θ от 0° до 60° и от 60° до 120°.

Расшифрованные рентгенограммы приведены на рисунках 4 и 5.

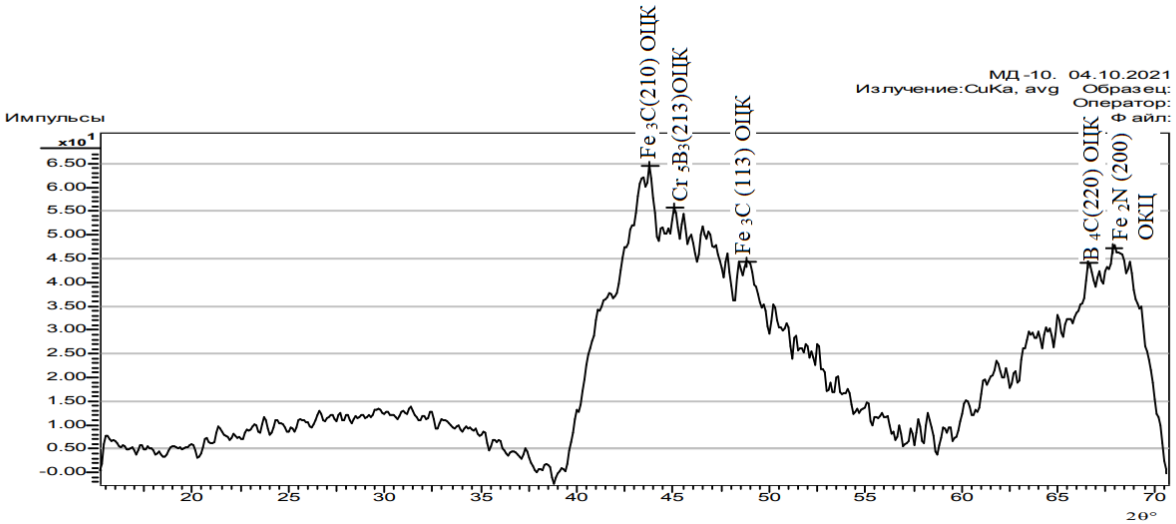


Рисунок 4 – Рентгенограмма образца при «Режиме 1»

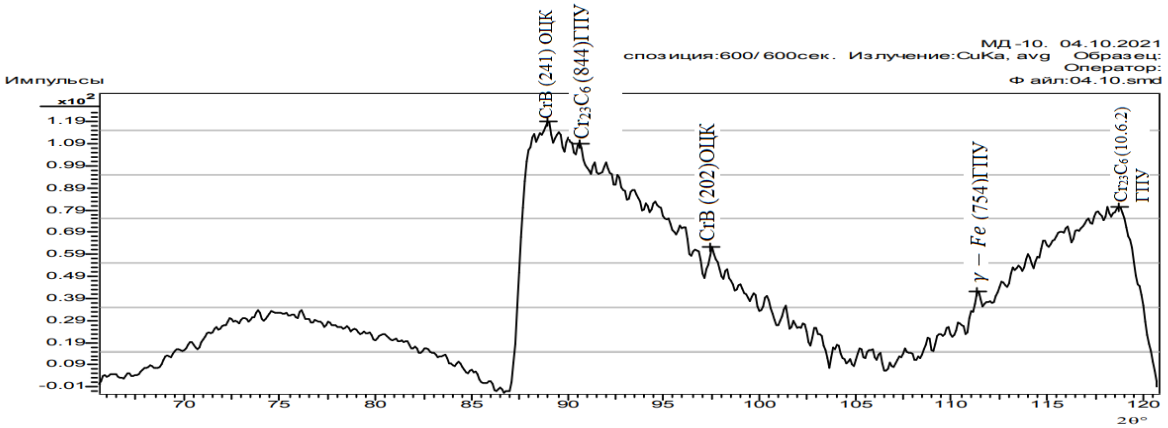


Рисунок 5 - Рентгенограмма образца при «Режиме 2»

Ниже представлена расшифровка параметров интенсивных спектров, на полученных дифрактограммах.

Таблица 1. Результаты расшифровки пиков режима 1

№	D	$2\theta°$	HKL	Тип решетки	Фаза
1	1,1006	88,98	241	ОЦК	CrB
2	1,0846	90,59	844	ГПУ	$Cr_{23}C_6$
3	1,0254	97,48	202	ОЦК	CrB
4	0,9336	111,32	754	ГПУ	$\gamma - Fe$
5	0,8959	118,73	10.6.2	ГПУ	$Cr_{23}C_6$

Таблица 2. Результаты расшифровки пиков режима 2

№	D	$2\theta°$	HKL	Тип решетки	Фаза
1	2,06306	43,75	210	ОЦК	Fe_3C
2	2,01312	45,03	213	ОЦК	Cr_5B_3
3	1,86469	48,84	113	ОЦК	Fe_3C
4	1,40395	66,61	220	ОЦК	B_4C
5	1,38081	67,87	200	ОЦК	Fe_2N

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что основными упрочняющими фазами в нанесенном покрытии являются карбиды хрома ($Cr_{23}C_6$), цементит (Fe_3C), карбид бора (B_4C), борид хрома (Cr_5B_3), расположенных в γ-Fe.

Метод лазерной наплавки обладает рядом преимуществ:

– формирование слоя с малым коэффициентом перемешивания (0.05–0.15) в результате незначительного подплавления основы;

– минимальное термическое воздействие на основной металл, что особенно важно для материалов, претерпевающих структурные и фазовые превращения;

– малые остаточные деформации обрабатываемой поверхности;

– возможность нанесения материала на малые поверхности, соизмеримые с диаметром пятна нагрева в случае применения импульсных и импульсно–периодических лазеров;

– повышенные физико-механические свойства поверхности после лазерной обработки;

– автоматизация и высокая производительность процесса.

При получении композиционных материалов методом лазерного плавления рост прочностных характеристик материалов осуществляется за счет механизмов дисперсного упрочнения и дисперсионного твердения.

Применение лазерной наплавки: восстановление и упрочнение рабочих поверхностей высоконагруженных деталей бурового, энергетического оборудования, восстановление инструмента и штамповой оснастки, восстановление геометрии валов и других деталей.

Список литературы

1. Влияние технологических параметров газопорошковой лазерной наплавки на структурные характеристики восстановленного поверхностного слоя коррозионно-стойких сталей [Электронный ресурс] / Крылова С. Е., Оплеснин С. П., Манаков Н. А., Ясаков А. С., Стрижов А. О. // Металловедение и термическая обработка металлов,2017. - № 10 (748). - С. 35-40. . - 6 с.

2. Оборудование для лазерной обработки материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lls-mark.ru/company/stati/lazernaja-naplavka/

3. Специальные стали / Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. - М.: Металлургия, 1985. - 408 с.

ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

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

Внедрение функциональных систем автоматизированного проектирования (САПР), на предприятиях авиационной и ракетно-космической отрасли могут решить многие проблемы, характерные для предприятий в целом [1].

Основные задачи, решаемые САПР:

– обеспечить создание цифровых образов готовых изделий, их чертежей, прототипов и конструкторской или технологической документации;

– сбор и упорядоченность теоретического и экспериментального материала в виде модулей для расчета отдельных изделий или агрегатов и их совокупность с целью создания ресурсов проектирования;

– ускорение процесса перехода от проектной деятельности к промышленному производству, благодаря замене натурального эксперимента на математические модели;

– обеспечение более высокой надежности функционирования технологического процесса [2].

Наиболее актуальные проблемы, присущие промышленности, которые можно решить посредством разработки, модернизации или внедрения готовых САПР, опираясь на данные из открытых источников, следующие:

– сегодня не существует САПР с пакетом прикладных программ, рассчитывающих все характеристики, необходимые для однозначного определения эффективности принятых решений на стадии эскизного проектирования. Основную функцию в САПР, используемых в промышленности, несёт система геометрического моделирования, результат работы в которой на практике не оказывает влияние на технико-экономические показатели разрабатываемого ЛА, которая реализует решения, принятые на этапе предэскизного и эскизного проектирования [3];

– закрытая тематика многих работ по проектированию и автоматизации проектирования ЛА и их элементов в связи с их направленностью для использования в работе на предприятиях оборонно-промышленного комплекса;

– программные средства и приложения, разрабатываемые частными компаниями для определения характеристик, свойственных именно ЛА, имеют сложности в области совмещения подходов, предлагаемых ключевой информационной системой с регламентирующей базой и формирования библиотек научно-справочной информации, а также слабо проработанную клиентскую часть приложения, в которой отсутствует четкая логика и

валидация форм приложения, характерная для проектирования ЛА, что замедляет и затрудняет работу пользователя в программном средстве.

Внедрение САПР и развитие с их помощью предприятий может решить эти и многие другие проблемы. Для этого нужно:

– внедрить в технических подразделениях предприятия единую технологию проектирования и подготовки производства;

– внедрить технологию управления данными и конфигурациями изделий в единую базу данных предприятия;

– осуществить подключение автоматизированных подразделений к локальной или корпоративной сети;

– внедрить систему электронного технического документооборота и управления потоком работ в процессах конструкторско-технической подготовки производства;

– произвести техническое переоборудование автоматизированных подразделений предприятия;

– обеспечить обучение или переподготовку персонала автоматизированных подразделений [4].

Таким образом, при разработке программного средства для реализации этапа эскизного проектирования авиационной и ракетно-космической техники и её элементов необходимо выполнить следующее:

– предусмотреть модули для определения характеристик, свойственных именно ЛА,

– предусмотреть увязку информационной модели данных с российской регламентирующей базой (ЕСКД, ОТТ ВВС),

– разработать логику работы приложения и валидацию форм для облегчения и ускорения взаимодействия пользователя с приложением (UX-проектирование);

– использовать данные для расчетов, имеющиеся в открытом доступе, для создания научного задела в данной области использования информационных технологий и дальнейшего использования результатов исследования научным сообществом.

Список литературы

1. Ковальчук, Е.Р. Основы автоматизации машиностроительного производства: учеб. для машиностроит. спец. вузов / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1999. – 312 с.: ил. – ISBN 5-06-003598-0.

2. Кожемякина, А.А. Информационные технологии автоматизированного проектирования / А.А. Кожемякина, Е.А. Гурова // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сборник статей по материалам XV международной научно-практической конференции. 2019. – С. 6-10.

3. Быкова, И. С. Автоматизированное проектирование фюзеляжа воздушного судна / И.С. Быкова, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов // Фундаментальные исследования. 2015. – №2. – С. 3484 – 3487. – ISSN 1812-7339.

4. Шелякин, Л.В. Организация быстропереналаживаемого производства в условиях экономического кризиса / Л.В. Шелякин // Вестник донского государственного технического университета. 2009. – С. 159-165. – ISSN 1992-5980.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

Кайшаева В.О., Азирбаев Р.Т.,
Гаврилов А.А., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Актуальность работы обусловлена современным положением, сложившимся на опасных производственных объектах систем газораспределения и газопотребления, которое характеризуется высоким уровнем аварийности и травматизма, связанным с недостаточно высоким уровнем знаний персонала, обслуживающего указанные объекты.

Ключевые слова: газораспределение, газопотребление, опасный производственный объект, авария, фактор

Природный газ передается от места добычи к пунктам потребления через магистральный трубопровод, далее газ поступает в распределительный газопровод, где уровень давления снижается до 1,2 Мпа, после газ поступает потребителю, через систему наружных газопроводов. Газораспределительная сеть является сложным технологическим комплексам газораспределительной системы. Сети газораспределения и газопотребления состоят из наружных газопроводов подземного и надземного исполнения (городские, сельские, включая межпоселковые), а также расположенных на них технических и технологических устройств. Всегда перед эксплуатирующим предприятием встает вопрос об их технической эксплуатации, реконструкции, повышении уровня технического состояния и эффективность защиты. Суммарная протяженность газопроводов на территории России на конец 2020 года составляет более 1 млн.км. Технологический комплекс газораспределительной системы позволяет обеспечить газом население, промышленность, коммунально-бытовой сектор и сельское хозяйство. Протяжённость сети ежегодно прирастает тысячами километров.

Эксплуатация опасных производственных объектов газораспределения и газопотребления связана с высокими рисками возникновения аварий. Именно поэтому огромное значение уделяется уровню промышленной безопасности. Факторы, влияющие на безопасность технологических процессов рассмотрены в [1]. Несмотря на все мероприятия, проводимые с целью обеспечение высокого уровня промышленной безопасности, аварии случаются, причем самого различного характера сложности. Последствия аварий наносят трудно поправимый ущерб окружающей среде, приводят к человеческим жертвам. На фоне крупномасштабных аварий не так заметны небольшие аварии, которые локализуются в масштабе предприятий. Однако их число существенно больше, чем крупных, а суммарный ущерб значителен. Обращает внимание на себя факт, что многие аварии протекают по сходному сценарию, так как главную причину аварий определяет человеческий фактор. За последние пять лет на ОПО нефтегазового комплекса произошло 293 аварии [2]:

– на объектах нефтегазодобывающей промышленности 50 аварий;

– на объектах нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности и объекты нефтепродуктообеспечения 76 аварии;

– на объектах магистрального трубопроводного транспорта и подземного хранения газа 46 аварий;

– на объектах газораспределения и газопотребления 121 авария.

Аварии на объектах газораспределения и газопотребления происходят чаще, чем на других опасных производственных объектах. Экономический ущерб от аварий за последние пять лет на объектах газораспределения и газопотребления составил 420,997 млн.руб (Рисунок 1).

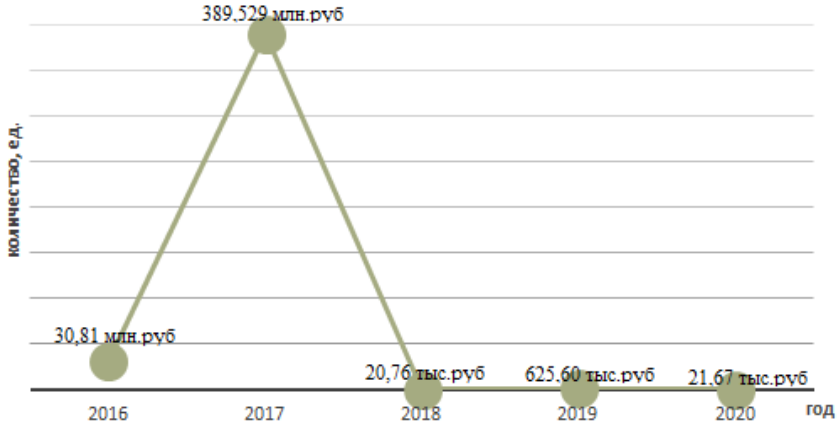


Рисунок 1 – Экономический ущерб с 2016 по 2020

Основными травмирующими факторами смертельных несчастных случаев являются:

– отравление продуктами неполного сгорания;

– взрыв газовоздушной смеси;

– термическое воздействие;

– прочее.

Количество смертельных несчастных случаев от травмирующих факторов на объектах газораспределения и газопотребления представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Основные травмирующие факторы

По данным федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) [2] в структуре обобщенных причин аварий и травматизма на опасных производственных объектах за последние 2 года основным источником опасности являются организационные причины.

К основными техническим причинам аварий на объектах газораспределения и газопотребления относятся:

– высокая степень износа оборудования, применяемого на опасных производственных объектах;

– несвоевременное проведение экспертизы промышленной безопасности этого оборудования с целью определения его остаточного ресурса;

– механическое повреждение в результате дорожно-транспортного происшествия;

– повреждение газопровода в результате механического воздействия рабочего органа экскаватора;

– попадания молнии в газопровод;

– образование коррозионных трещин;

– разгерметизация газопровода в результате разрушения сварного шва;

– разгерметизация газопровода в результате развитие язвенной коррозии.

Среди организационных причин аварий и смертельного травматизма на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления можно выделить:

– производство несанкционированных работ в охранной зоне наружных газопроводов;

– слабая проработка планов производства работ;

– низкий уровень производственной и технологической дисциплины;

– нарушения требований производственных инструкций из-за незнания персоналом этих документов;

– отсутствие практических навыков;

– халатность;

– низкий учет возможных рисков, связанных с расположением газопровода;

– не обеспечен комплекс мероприятий, включая мониторинг грунтовых условий при эксплуатации ОПО;

– в проектной документации не предусмотрены мероприятия по обеспечению безаварийной работы газопровода в течение всего периода эксплуатации;

– не обеспечено содержание сетей газораспределения в исправном и безопасном состоянии.

– комплекс мероприятий, включая мониторинг грунтовых условий, техническое обслуживание и ремонт сетей газораспределения выполнялся с нарушением требований НТД;

– проектом не предусмотрены ограждающие конструкции;

– не соблюдены требования НД по безопасной эксплуатации газопровода в летний период;

– неудовлетворительный производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

– неудовлетворительное обеспечение безопасности работников;

– отсутствие молниезащиты;

– эксплуатация технологического трубопровода с истекшим нормативным сроком службы, находящегося в неудовлетворительном состоянии, без проведения экспертизы промышленной безопасности и получения ее положительного заключения;

– низкая эффективность проведения производственного контроля за своевременным проведением необходимых испытаний и экспертизы промышленной безопасности;

– не в полной мере обеспечены обходы участков газопровода;

– не обеспечено диагностирование газопровода с целью выявления дефектов в необходимом объеме;

– не обеспечен действенный производственный контроль со стороны лиц ответственных за его осуществление и проведение, результаты проводимых проверок производственного контроля носят формальный характер.

Как видно, из перечисленных факторов возникновения аварий на объектах газораспределения и газопотребления основную опасность представляют организационные причины, связанные с человеческой ошибкой [3]. При этом огромную роль имеет не только квалификация персонала, а также укомплектованность штата работников, знание работниками порядка действий в случае возникновения аварийной ситуации, знание специалистами требований промышленной безопасности, знание работниками производственных (должностных) инструкций [4]. Специалистам по эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления необходимо поддерживать уровень знаний на постоянном уровне.

Актуальными для сетей газораспределения и газопотребления остаются вопросы устойчивости и долговечности функционирования оборудования системы, поиск новых технологий и организационных решений, позволяющих обеспечить максимально сбалансированную, бесперебойную, комфортную поставку газа потребителю.

Список литературы

1. Кайшаева, В.О. Факторы, влияющие на безопасность технологических процессов на предприятиях нефтегазового комплекса / В.О. Кайшаева, А.А. Гаврилов // УНИВЕРСИТЕТСКИЙ КОМПЛЕКС КАК РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КУЛЬТУРЫ: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург, 2021. С. 592-595.

2. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru

3. Принятие решений на основе искусственного интеллекта / Н.В. Спешилова и др. // Экономика и предпринимательство. 2021. - №8. – С.630-637.

4. Пантюхова Ю.В. Методика оценки уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов систем газораспределения и газопотребления: дис. канд. тех. наук: 05.26.03. - М., 2011

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ

Какунин Н.В.,
Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время вопросы автоматизации технических процессов стоят особенно остро. Несмотря на глобальные перемены в подходах к автоматизированному управлению, уровень автоматизации технических процессов на сегодняшний день относительно невысок.

Котельный агрегат – это основа оборудования котельной, обеспечивающее нагрев воды для нужд отопления. Автоматизированная система управления котельным агрегатом позволяет выполнять настройку оборудования в автоматизированном режиме, что в свою очередь дает возможность получить оптимальные с точки зрения продуктивности условия работы.

Кроме того, любые нарушения технической эксплуатации производственной котельной могут привести к возникновению ситуации на отопительной системе, что чревато самыми серьезными последствиями [1]. Для предупреждения подобных ситуаций широко применяется внедрение систем автоматизированного и интеллектуального управления агрегатами и машинами [2]. Данные операции позволяют установить энергетический баланс на котельном оборудовании, оптимизировать коэффициент полезного действия, минимизировать расходы и выбросы загрязняющих веществ [3].

Котельный агрегат обладает рядом параметров, которые необходимо регулировать. Основными входящими потоками является холодная вода и газ, горение которого подогревает воду. На выходе из котла образуется горячая вода, которая является готовым продуктом для котельной.

Описываемые потоки имеют свои особенные характеристики. Так для регулирования подачи газа необходимо учитывать давление его в подающей трубе. Подача газа осуществляется посредством регулирования запорной арматуры или задвижек [4].

Аналогичным образом подается и вода, однако, помимо давления, важным параметром для работы котельной выступает, температура воды, поскольку для определения оптимального уровня нагрева необходимо знать начальную температуру. Температура на выход и котла также имеет важное значение и определяется регламентом работы котла, а также производственной потребностью или потребностью жилых помещений [5].

Таким образом, система управления котельной имеет определенные характеристики, параметры которых подлежат регулированию, что необходимо использовать при разработке автоматизированной системы управления котельным агрегатом.

Рассмотрим процесс реализации автоматизированной системы управления котельным агрегатом на конкретном примере. В качестве объекта исследования выступает котельная одного из предприятий Оренбургской области, обеспечивающая теплом отдельно стоящее здание.

В составе указанной котельной имеются три котла. В каждый котел подается холодная вода, а также газ для обогрева.

На рисунке 1 приведена подробная структурная схема описываемой котельной.

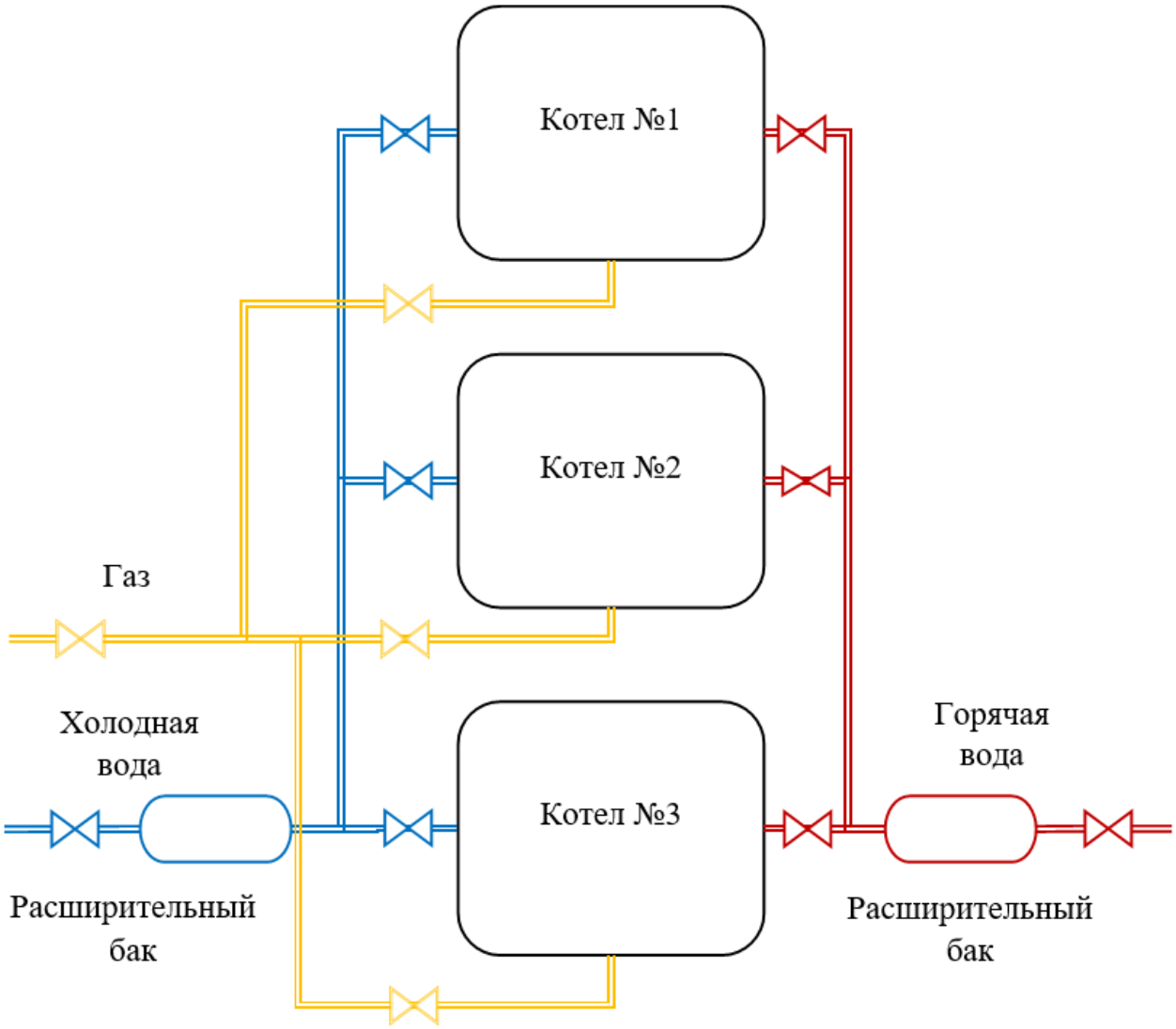


Рисунок 1 – Структурная схема котельной

Согласно указанному рисунку, на входе каждого отдельного котла установлены специальные задвижки, ограничивающие доступ газа к котлу, позволяющие перекрывать подачу газа в любой момент времени. Также дополнительная задвижка установлена на главной подающей трубе, обеспечивая возможность обесточить сразу весь котельный агрегат, например, в случае аварии или несанкционированной утечки газа.

На трубе подачи холодной воды также усыновлены четыре задвижки: три на подаче к каждому конкретному котлу и одна общая, на главной подающей трубе.

Кроме этого, задвижки расположены и на выходе котлов, которые обеспечивают регулирование подачи горячей воды в систему, как от каждого отдельного котла, так и от всего котельного агрегата. Для сдерживания роста давления в случае перекрытия задвижек в системе предусмотрены расширительные баки, которые присутствуют как на подаче холодной воды, так и на выводе горячей воды.

Далее, для обеспечения работы в автоматизированном режиме, необходимо разработать структурную схему автоматизированной системы управления работой котельного агрегата.

Данная схема приведена на рисунке 2.

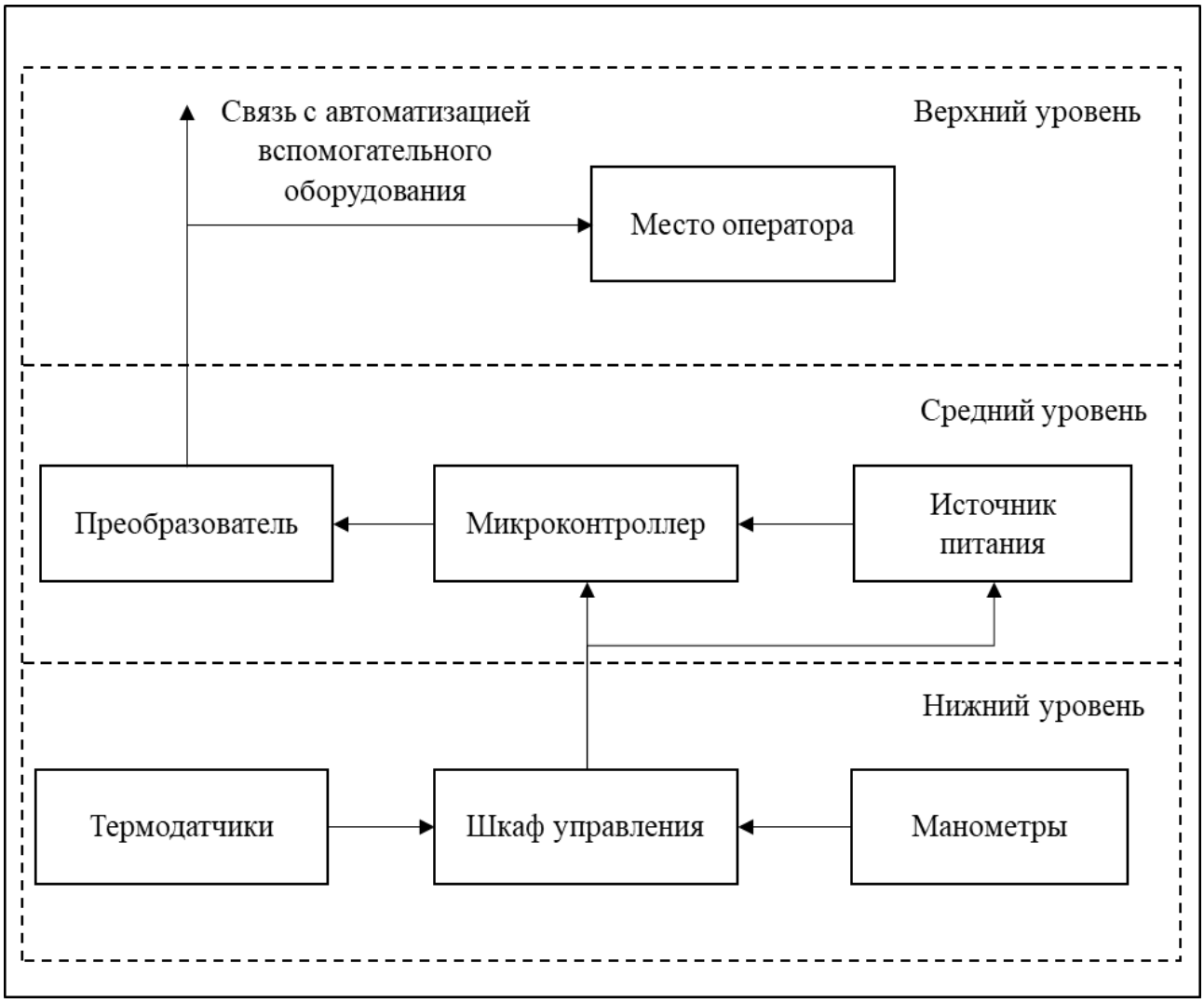


Рисунок 2 – Структурная схема автоматизированной системы управления котельным агрегатом

Нижний уровень управления представлен манометрами для измерения давления в трубах подачи воды и газа, а также термодатчиками, измеряющими

температуру воды в трубах подачи и вывода. Все датчики дублируются в шкафу управления, через который подаются данные в микроконтроллер. В микроконтроллер вписаны программы пуска и поддержания работы котельной, а также регламент действий в случае возникновения аварийных ситуаций. Микроконтроллер имеет автономный источник питания, обеспечивающий более высокую надежность его работы.

Через преобразователь контроллер выводит сообщения и принимает сигналы от оператора, пульт которого оснащен современной SCADA-системой, посредством которой оператор может подавать команды на котельный агрегат и получать данные о его работе.

Таким образом, в данной работе реализована автоматизированная система управления котельным агрегатом, приведенная в схематичном виде.

Список литературы

1. Акимов, С. С. Расчет вероятности дискретности для массива данных / С. С. Акимов // Научное обозрение. – 2013. – № 6. – С. 78-83.

2. Трипкош, В. А. Место и роль технологий распознавания ситуаций при разработке и принятии управленческих решений в информационно-управляющих системах предприятий и организаций / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // 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. 310-315.

3. Мамышев, Р. Э. Система автоматизации котельных установок / Р.Э. Мамышев // Modern Science. – 2020. – № 11-1. – С. 415-419.

4. Шепель, В. Н. Проблемы извлечения знаний / В. Н. Шепель, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 04–06 февраля 2015 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 1562-1565.

5. Щеголькин, Д. Д. Необходимость автоматизации при реконструкции котельной / Д. Д. Щеголькин // Безопасный и комфортный город : Сборник научных трудов по материалам IV международной научно-практической конференции, Орел, 16–17 июня 2020 года. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2020. – С. 394-396.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЕЙ ТРЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

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

В современном машиностроении обработка резанием является доминирующим методом формообразования деталей машин. Детали, получаемые таким методом, должны отвечать высоким требованиям по геометрической точности размеров и формы их элементов. Указанные показатели точности значительно зависят от упругих деформаций обрабатываемой детали и режущего инструмента под действием сил, возникающих в процессе резания и известных как силы резания. Поэтому наличие методов и средств, позволяющих определять или прогнозировать силы резания, служит предпосылкой проектирования эффективных и производительных технологических процессов станочной обработки, способных обеспечить требуемые параметры точности.

Одним из наиболее эффективных методов прогнозирования сил резания представляется математическое моделирование процесса резания на основе различных численных методов. При этом самым распространенным среди них выступает метод конечных элементов (МКЭ), использованию которого для моделирования процессов резания посвящено множество современных исследований, обзор которых приведен в работе [2]. На практике этот метод реализуется при помощи как специализированных, так и универсальных программных комплексов (CAE-систем). К их числу относится специализированная CAE-система «DEFORM-3D» (Scientific Forming Technologies Corporation, США), хорошо зарекомендовавшая себя как эффективный инструмент для математического моделирования процессов пластического деформирования и резания металлов [1, 6].

Однако надежность получаемых в ней результатов применительно к моделированию процессов резания существенно зависит от того, насколько адекватно воспроизводит используемая конечно-элементная модель условия реального процесса резания. Это нередко приводит к получению результатов, слабо коррелирующих с экспериментальными данными и искажающих действительную картину распределения сил резания в исследуемом процессе. В частности, это касается способа учета в модели параметров процесса трения, от которых сильно зависит соотношение расчетных сил. Иллюстрацией данного факта служит предлагаемая работа, где рассматривается влияние используемой модели процесса трения на результаты моделирования сил резания.

За ее основу взята работа [4], в которой приведены экспериментальные данные по определению сил резания при обработке никелевого суперсплава Inconel 718. Для упрощения экспериментальных исследований в названной работе процесс обработки сведен к процессу свободного ортогонального резания в форме точения торца трубы режущим инструментом, рабочая кромка которого

полностью перекрывает стенку трубы (рисунок 1а). При этом наружный диаметр трубы равнялся 50 мм, а толщина ее стенки составляла 1,2 мм. Обработка велась резцом, оснащенным твердосплавной режущей пластиной TPG 432 (Kennametal Inc.), без использования смазочно-охлаждающих сред. Использованный резцедержатель и геометрия пластины обеспечивали передний γ и задний α угол резания, соответственно равные 5° и 6°. Радиус притупления режущей кромки пластины (измеренный при помощи контурометра Mitutoyo type-SV602) составлял 0,06 мм. Собственно составляющие силы резания (тангенциальная и осевая) измерялись посредством динамометра Kistler 9257B для режимов обработки, определяемых различными сочетаниями пяти значений скорости резания с четырьмя значениями оборотной подачи. Результаты измерений представлены в работе [4] в виде графиков зависимостей сил от скорости резания для каждой использованной величины подачи.

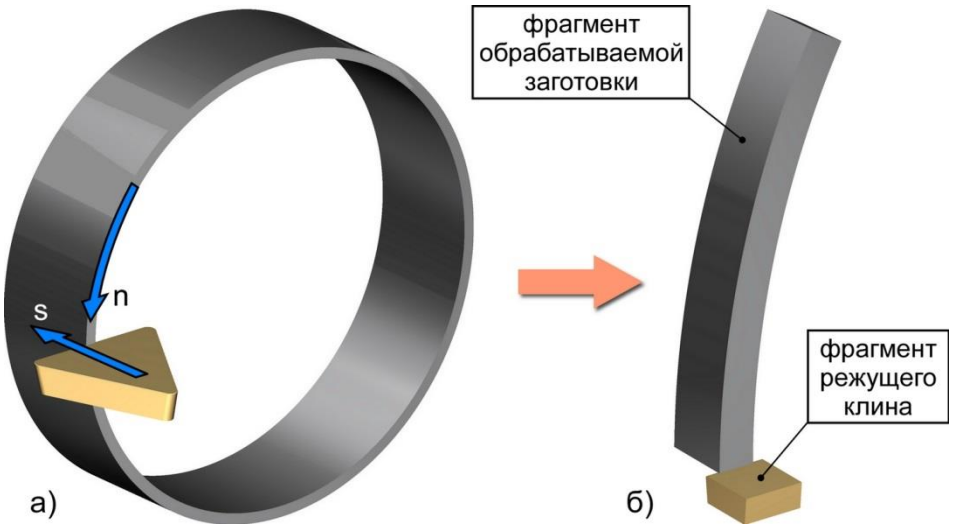


Рисунок 1 – Схема обработки (а) и геометрическая модель (б)

Для моделирования условий эксперимента, описанных в упомянутой работе, была построена соответствующая твердотельная геометрическая модель, редуцированная до сборки в составе фрагмента обрабатываемой трубы и фрагмента режущего клина (рисунок 1б). Как показали предварительные расчеты, такая редукция вполне обоснована, так как незначительно изменяет расчетные величины сил, но в разы повышает производительность вычислений. Модель фрагмента трубы представляла собой кольцевой сектор с углом в 30° с образованной на нем поверхностью резания (линейчатая винтовая поверхность), сопряженной с моделью режущего клина. Модель режущего клина представляла собой фрагмент треугольной режущей пластины, сформированный и расположенный относительно модели трубы так, чтобы обеспечивались заданные углы резания.

После передачи построенной геометрической модели в препроцессор «DEFORM-3D» на фрагменте обрабатываемой заготовки сгенерирована необходимая конечно-элементная сетка, обеспечивающая возможность формирования модели отделяемой стружки. С этой сеткой была соотнесена упруго-

пластическая модель материала «IN718_machining-AMTC» из библиотеки материалов «DEFORM-3D», соответствующая рассматриваемому никелевому сплаву. С фрагментом режущего клина была связана модель абсолютно жесткого материала, характеризующая твердый сплав на основе карбида вольфрама.

Граничные условия, задаваемые в модели, были представлены ограничениями двух типов: механическими и тепловыми. Первый тип имитировал винтовое движение режущего клина относительно заготовки с жесткой фиксацией всех остальных не задействованных в этом движении степеней свободы. При этом моделировался вариант эксперимента, в котором скорость резания составляла 174 м/мин (соответствующая частота вращения 1107,72 об/мин) при подаче равной 0,12 мм/об (соответствующая осевая скорость 2,215 мм/с). Второй тип был представлен постоянной температурой равной 20 °С, которая задавалась на поверхностях моделей заготовки и режущего клина, удаленных от зоны резания.

Нагрузки задавались в модели в форме коэффициентов теплоотдачи при допущении того, что отвод теплоты из зоны резания при обработке преимущественно осуществляется за счет конвективного теплообмена с окружающей средой. Коэффициент теплоотдачи для всех теплоотдающих поверхностей заготовки (находящихся в условиях вынужденной конвекции) в виду малости ее поперечных размеров принимался одинаковым и составлял 99 Вт/м^2·°С. Эта величина определялась путем предварительного расчета числа Нуссельта на основе математических зависимостей, приведенных в источнике [5]. Режущий клин рассматривался как объект, находящийся в условиях свободной конвекции, в связи с чем на его теплоотдающих поверхностях задавался коэффициент теплоотдачи равный 20 Вт/м^2·°С (значение по умолчанию в «DEFORM-3D»).

Как было отмечено выше, основное внимание в настоящей работе было уделено особенностям учета контактного взаимодействия заготовки и режущего клина в контексте определения сил резания. Поэтому моделирование контактного взаимодействия выполнялось тремя способами:

- с использованием модели трения на основе закона Кулона (модель 1);
- с использованием модели трения на основе закона Прандтля (модель 2);
- с использованием модели двузонного трения, комбинирующей оба закона (модель 3).

Первые две модели отличались друг от друга только выбором соответствующей опции в настройках модели стыка, активирующей требуемый тип модели трения. В случае третьей модели вся область контакта режущего клина и заготовки, распределенная по передней и задней поверхности режущего клина, делилась на две зоны:

- менее протяженную зону вязкого трения, расположенную в непосредственной близости от главной режущей кромки и характеризуемую действием в ней модели трения по Прандтю;
- более протяженную зону трения скольжения, удаленную от режущей кромки и характеризуемую действием в ней модели кулоновского трения.

Правомерность использования такой модели обосновывается рядом авторов и отражена в научных работах, посвященных конечно-элементному моделированию процессов резания, например, в работе [6].

Во всех трех случаях главным параметром используемой модели трения являлся коэффициент (фактор) трения, величина которого принималась одинаковой и неизменной для всех рассматриваемых случаев и составляла 0,75. Эта величина предварительно вычислена на основе известных экспериментальных значений сил резания по рекомендациям, приведенным в работе [2]. Кроме того для всех типов моделей стыка задавался коэффициент теплопередачи между режущим клином и заготовкой (коэффициент теплопроводности стыка). Его величина задавалась в функции контактного давления и рассчитывалась на основе известных коэффициентов теплопроводности материалов деталей и параметров шероховатости их сопряженных поверхностей с использованием эмпирических зависимостей, представленных в работе [3].

Расчеты, выполненные на построенных конечно-элементных моделях, сводились к определению сил, которые действуют на модель режущего клина в процессе отделения им элементов от модели заготовки, т.е. в процессе формирования модели стружки. Пример полученных результатов приведен на рисунке 2.

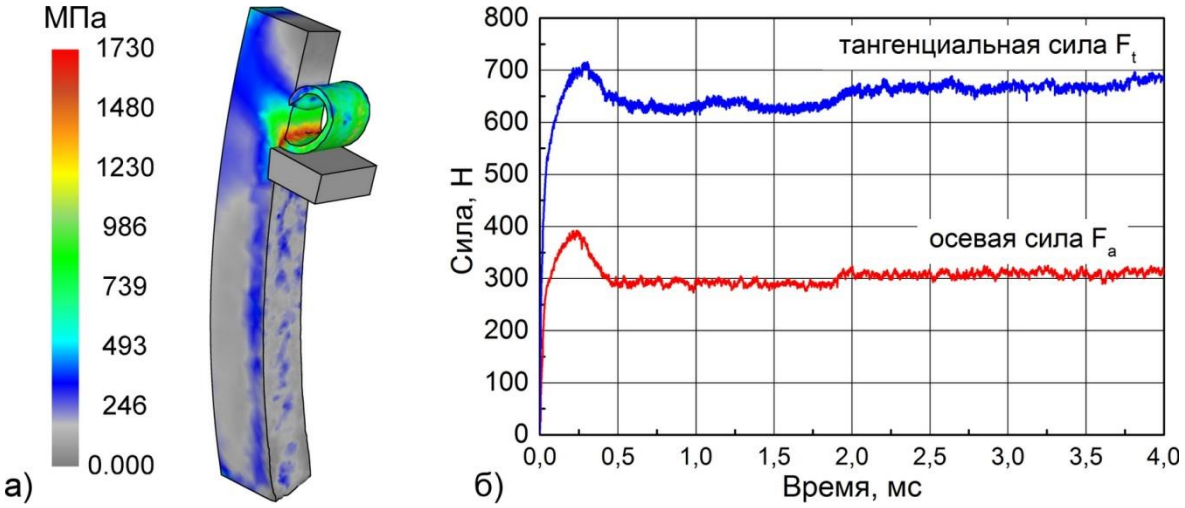


Рисунок 2 – Поле эквивалентных напряжений (а) и временн*а*я диаграмма сил резания (б), полученные для рассматриваемых условий (с использованием модели кулоновского трения)

Как видно на приведенном рисунке 2б, по истечении некоторого времени, соответствующего периоду образования устойчивой стружки, значения обеих наблюдаемых сил практически стабилизируются. Данный факт позволил определить искомые значения сил для всех трех вариантов конечно-элементной модели. Эти расчетные значения совместно с экспериментальными значениями представлены на рисунке 3 в виде столбчатой диаграммы.

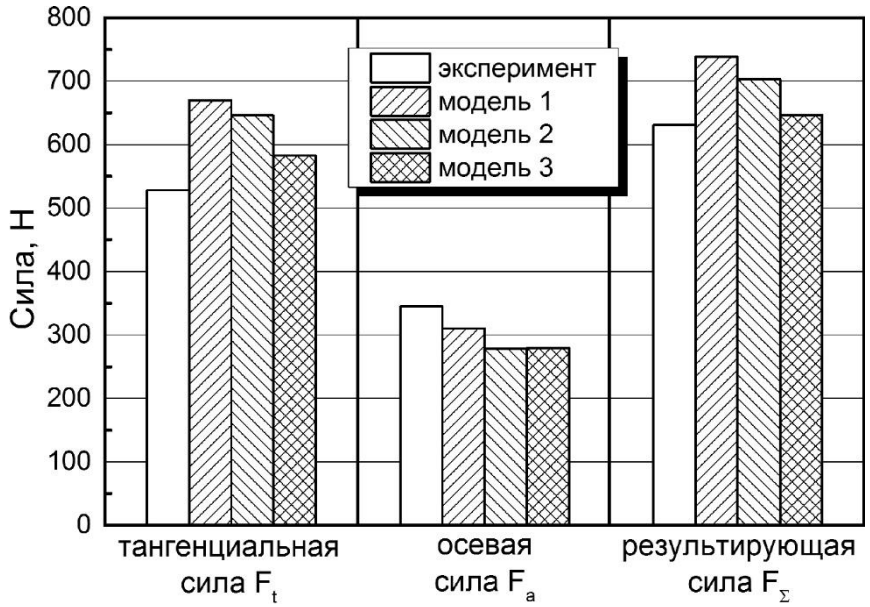


Рисунок 3 – Результаты сравнительного анализа расчетных сил

Анализ приведенного графика показывает, что относительная погрешность расчетного определения сил составляет:

- 26,9 % и 10,2 % соответственно для тангенциальной и осевой составляющей силы резания в случае использования модели трения по Кулону;
- 22,3 % и 19,4 % соответственно для тангенциальной и осевой составляющей силы резания в случае использования модели трения по Прандтлю;
- 10,4 % и 18,8 % в случае использования двузонной модели трения.

При этом погрешность расчета результирующей силы резания составляет:

- 17,0 % в случае использования модели трения по Кулону;
- 11,5 % в случае использования модели трения по Прандтлю;
- 2,5 % в случае использования двузонной модели трения.

Отсюда очевиден вывод о том, что наибольшую точность расчета сил резания при конечно-элементном моделировании процессов резания обеспечивает использование двузонной модели трения, что подтверждается результатами других авторов [6]. Тем не менее, практическое использование этой модели сопряжено с некоторыми затруднениями и требует проведения расширенных исследований в области конечно-элементного моделирования процессов резания металлов.

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. Advances in material and friction data for modelling of metal machining / S. Melkote [at al.] // CIRP Annals. – 2017. – Vol. 66, Issue 2. – P. 731–754.

3. Antonetti, V. W. An Approximate Thermal Contact Conductance Correlation/ V. W. Antonetti, T. D. Whittle, R. E. Simons // Journal of Electronic Packaging. – 1993. – Vol. 115. – P.131–134.

4. Fang, N. A comparative study of the cutting forces in high speed machining of Ti-6Al-4V and Inconel 718 with a round cutting edge tool / N. Fang, Q. Wu // Journal of Materials Processing Technology. – 2009. – Vol. 209. – P. 4385–4389.

5. Kreith, F. Principles Of Heat Transfer. Seventh Edition / F. Kreith, R. M. Manglik, M. S. Bohn. – Cengage Learning, Inc., 2011. – 696 p. – ISBN-10 0495667706, ISBN-13 9780495667704.

6. Storchak, M. Improving the friction model for the simulation of cutting processes / M. Storchak, H.-C. Mohring, T. Stehle // Tribology International. – 2022. – Vol. 167. – № 107376.

ПОСТРОЕНИЕ CAD-МОДЕЛИ СТАНДАРТНОГО ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

В последние годы в современном машиностроении наметился переход к качественно новой парадигме производства изделий благодаря активному внедрению в него различных цифровых технологий, когда основным источников информации об изделии и сопутствующих технологических процессах становятся разнообразные компьютерные модели. Эти модели могут быть различного уровня и иметь различное назначение, но, чаще всего, их каркасом выступает информация о геометрии изделия, непосредственным носителем которой служит та или иная геометрическая модель. При этом наиболее полную информацию об изделии несут в себе твердотельные геометрические модели, практическая разработка которых осуществляется в специализированных системах автоматизированного проектирования (CAD-системах), в связи с чем такие модели принято называть CAD-моделями.

На нынешнем рынке программного обеспечения доступно множество машиностроительных CAD-систем различного уровня, функционал которых, в большинстве случаев, позволяет создавать как CAD-модели отдельных деталей машин, так и модели сборочных единиц, включающих в себя десятки и сотни компонентов. Разработчики подобных систем в целях повышения эффективности и конкурентоспособности своего программного обеспечения, продвигаемого на рынок, стремятся наделить его набором инструментов, максимально упрощающим работу проектировщика при построении необходимых ему CAD-моделей. Как правило, к таким инструментам относятся различные библиотеки стандартных изделий и конструктивных элементов, наличие которых в CAD-системе значительно упрощает процесс построения CAD-модели и сокращает продолжительность ее подготовки.

Обычно геометрические модели стандартных изделий, содержащиеся в таких библиотеках, характеризуются максимально упрощенной геометрией. Это вполне оправдано, если они используются в контексте подготовки чертежей по сборочной CAD-модели, проверки собираемости узла на его сборочной модели и т.п. Однако в некоторых случаях использование упрощенной геометрической модели может оказаться неприемлемым, когда, например, требуется проведение детального инженерного анализа изделия методом конечных элементов или в случае необходимости фотореалистичной визуализации сборочной модели какого-либо многокомпонентного изделия. Кроме того, нередко случается, что модель типовой детали, требующая многократной репликации своих вариаций в сборочной модели редактируемого изделия, просто отсутствует в библиотеке используемой CAD-системы.

Данное обстоятельство заставляет конечных пользователей машиностроительных CAD-систем искать те или иные пути решения отмеченной проблемы [1–3]. Среди наиболее эффективных путей здесь следует отметить применение средств параметрического моделирования, в различной степени реализованных в большинстве распространенных коммерческих CAD-систем. В обще случае, параметрическое моделирование предполагает наложение на геометрию редактируемой CAD-модели, определенного набора связей и управляющих зависимостей, за счет чего обеспечивается построение реконфигурируемой CAD-модели, конфигурация которой управляется некоторым набором вещественных, строковых или логических параметров, заданных в явном виде. Собственно, это и определяет эффективность его использования для разработки CAD-моделей типовых/стандартных изделий.

Эффективность использования инструментов параметрического моделирования можно оценить на примере построения модели стандартного крепежного винта (по ГОСТ 11738-84) в программной среде CAD-модуля автоматизированной системы Siemens NX. Несмотря на то, что данная система обладает широкими возможностями по построению CAD-моделей и является одним из лидеров в своем сегменте, она поставляется с весьма ограниченным количеством библиотек стандартных изделий, что относится к ее очевидным недостаткам. Винт указанного стандарта (как прочие изделия, выполненные по российским стандартам) в ее библиотеках отсутствует. Поэтому создание пользовательских библиотек стандартных изделий является для этой системы актуальной задачей, решение которой позволит существенно повысить эффективность работы в ней.

Процесс построения параметрической модели рассматриваемого винта соответствует общей методологии параметрического моделирования в CAD-системах и может быть представлен в виде последовательности этапов. Ее начальным этапом выступает создание файла детали и ввод в него базовых параметров модели, которыми в данном случае служат характеристические размеры винта, указанные в названном стандарте. Такими размерами для рассматриваемого винта выступают:

- номинальный диаметр резьбы (стержня), длина винта и длина резьбы;
- диаметр и высота головки;
- размеры шестигранного углубления под ключ;
- размеры переходного участка между стержнем и головкой;
- размеры фасок.

Кроме того, к базовым параметрам относится шаг резьбы, величина которого выбирается по ГОСТ 24705-2004. Задание всех этих параметров (вещественного типа) осуществляется в явном виде в специальном диалоговом окне «Выражения», предусмотренном в Siemens NX. При этом определяющим параметром является номинальный диаметр резьбы, т.е. все остальные перечисленные параметры должны выбираться в зависимости от него.

На следующем этапе заданные базовые параметры используются для вычисления производных параметров, которыми являются размеры профиля метрической резьбы (по ГОСТ 24705-2004), сбег и недорез резьбы (по ГОСТ 27148-

86), а также вспомогательные параметры, определяющие поведение винтовой линии резьбы на участке ее сбега, где глубина впадины резьбы изменяется от своего максимума до нуля по дуге окружности (в осевом сечении). Помимо этих вещественных параметров на данном этапе определяются два строковых параметра «thread» и «helix», управляющие формой представления резьбы на модели винта. Первый их них призван обеспечивать возможность переключения между точным и символьным представлением резьбы, а второй – возможность представления на модели правой или левой резьбы.

Далее выполняется самый ответственный этап моделирования, в процессе которого, собственно, формируется твердотельная геометрическая модель винта. Ее формирование начинается с построения несущей формы в виде цилиндрического стержня с головкой, на которой затем формируется углубление под ключ, резьба и конструктивные элементы в виде фасок и скруглений. Данные операции выполняются традиционными для CAD-систем методами, но с обязательным наложением на все геометрические элементы текущей модели (эскизы, кривые и тела) размерных зависимостей, управляемых ранее заданными (либо вычисленными) параметрами. Эти зависимости используются совместно с геометрическими связями (такими как горизонтальность, вертикальность, совпадение и т.п.), накладываемыми на элементы производящих эскизов, и исключающими возможность нарушения топологии модели при изменении размерных параметров.

После этого в сформированную модель винта вводятся дополнительные параметры, управляющие статусом выбранных элементов (активен или подавлен) в дереве конструирования детали. Эти вещественные параметры задаются автоматически при помощи специальной команды Siemens NX, и могут принимать два значения: 1 (связанный элемент активен) и 0 (связанный элемент подавлен). В данном случае эти параметры создаются для элементов модели, отвечающих за воспроизведение в ней резьбы: точной (правой или левой) и упрощенной (также правой или левой). Эти параметры затем подвергаются ручной модификации путем включения в их определение оператора условия, за счет чего обеспечивается автоматический выбор значения параметра (0 или 1) в зависимости от комбинации текущих значений строковых параметров «thread» и «helix». Это, в свою очередь позволяет, легко модифицировать твердотельную геометрию винта путем простого изменения значений названных строковых параметров (рисунок 1).

На завершающем этапе с подготовленной параметрической моделью связывается таблица параметров в формате Microsoft Excel. В эту таблицу передаются все ранее заданные в модели параметры, которые помещаются в одну строку таблицы, определяющую конкретную конфигурацию модели. Все остальные необходимые конфигурации определяются путем простого заполнения строк таблицы нужными значениями (вещественными и строковыми) в соответствии с рассматриваемыми стандартами. В итоге получается параметрическая модель винта, связанная с таблицей параметров, которая определяет все

возможные вариации данного изделия, установленные его стандартом, с учетом различной формы представления модели.

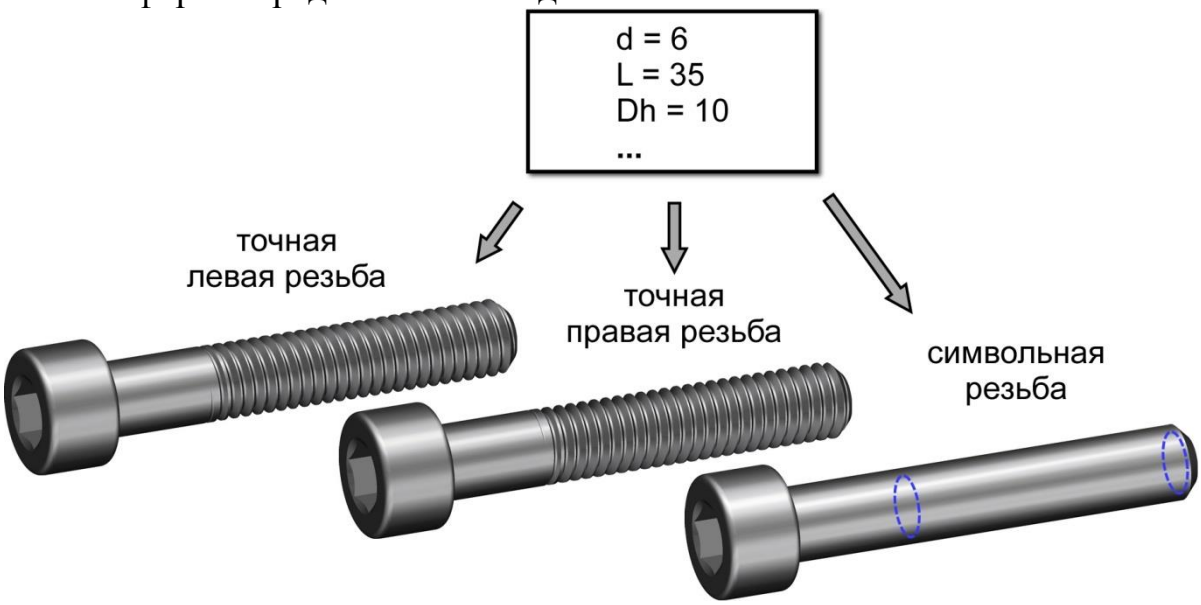


Рисунок 1 – Модификации параметрической модели винта

Полученная параметрическая модель может быть легко добавлена на вкладку «Библиотека повторного использования» панели ресурсов Siemens NX, и при помощи специального программного интерфейса подключена к системе как библиотека стандартных изделий. После своей первичной настройки этот интерфейс позволяет легко генерировать нужные конфигурации детали в соответствии с выбранным набором параметров из связанной таблицы параметров, и независимо друг от друга вставлять их в требуемом количестве в редактируемую сборочную модель. Пример конфигураций моделей винта, сгенерированных таким способом, приведен на рисунке 2.

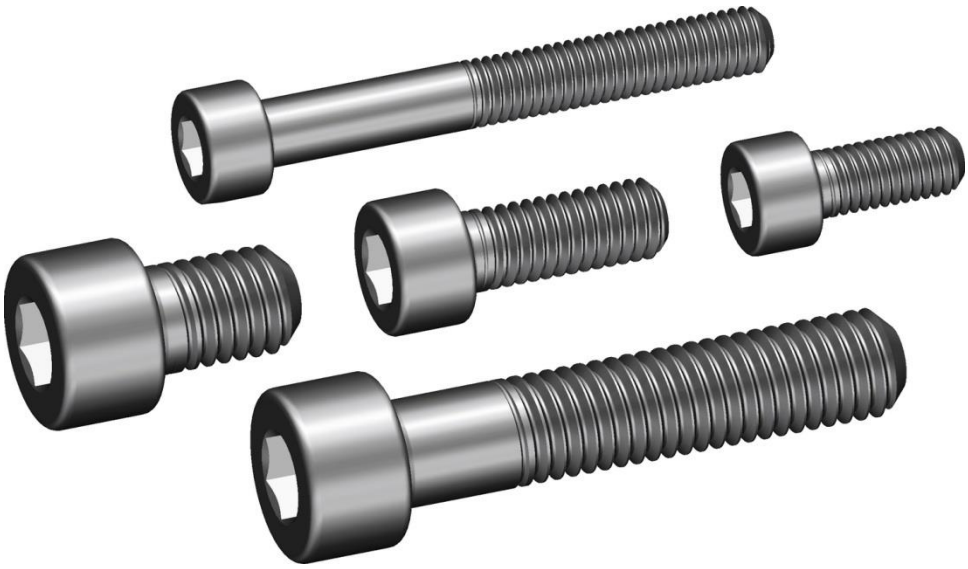


Рисунок 2 – Примеры конфигураций винта, полученные с использованием разработанной параметрической модели

Таким образом, рассмотренный подход к разработке CAD-моделей стандартных изделий демонстрирует свою эффективность, и может успешно использоваться для создания недостающих или модификации существующих библиотек стандартных изделий в CAD-системах машиностроительного назначения.

Список литературы

1. Design, Definition and Implementation of a Component Library for Mechanical Design / Y. Ma [at al.] // International Conference on Information Technology and Applications: proceedings of the conference. – Sydney, 2002. – 6 p.

2. Ma, Y. The development of a standard component library for plastic injection mould design using an object-oriented approach / Y. Ma, S. B. Tor, G. A. Britton // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2003. – Vol. 22. – P. 611–618.

3. Zan, Z. A Synchronous CAD/CAE Modeling Method and Applications in Parametric Parts Library / Z. Pan, X. Wang, R. Teng, S. Gao // The Open Mechanical Engineering Journal. – 2015. – Vol. 9. – P. 189–195.

СИСТЕМЫ РАСКРЫТИЯ РУЛЕЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Карамсаков А.А., Езерская Е.М. канд.пед.наук,
Назаров А.Ю.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – это летательные аппараты без пилотов-людей. Соответственно, они могут управляться автономно или дистанционным пилотом (рисунок 1).

Рисунок 1– БПЛА

В современных локальных конфликтах все большей популярностью пользуются БПЛА. Это не удивительно, так как такого рода технологии являются очень точными и позволяют сохранять жизни людей. Отсутствие пилотов в салонах позволяет уменьшить массу и габариты и, как следствие, сэкономить на конструкции. Помимо вышеописанных плюсов, отсутствие пилотов в БПЛА позволяет снять ограничения, обусловленные физиологическими факторами человека.

БПЛА является своего рода динамичным летательным аппаратом, может управлять различным оборудованием и выполнять всевозможные задачи. Может быть многоразовым кнопочным самолетом, так называемым – коротким беспилотным самолетом. Это неизбежный результат современной роботизации, синтеза, интеллектуальности и развития беспилотных летательных аппаратов, и наряду с потребностями использования и развития авиационных технологий

беспилотный самолет стал стратегическим, технологическим достижением, к которому должна стремиться каждая развитая страна.

В современных БПЛА важное место занимают системы управления полетами. Без таких систем, эффективное использование аэрокосмической техники невозможно. Современный этап разработки систем управления характеризуется большим использованием принципов адаптации, использованием цифровых устройств для построения алгоритмов управления, с использованием интегрированных систем, для мониторинга состояния техники в полете, увеличением надежности средств приема и обработки информации и исполнением команд управления.

Управление рулевым приводом используется для преобразования сигналов электроприборов от оборудования наземного управления в соответствующие угловые отклонения аэродинамических рулей, контролирующих полет летательного аппарата. На рисунке 2 рассматривается автоматический, одноканальный привод, полуоткрытого пневмодинамического рулевого управления с системным распределительным устройством типа «струйная трубка».

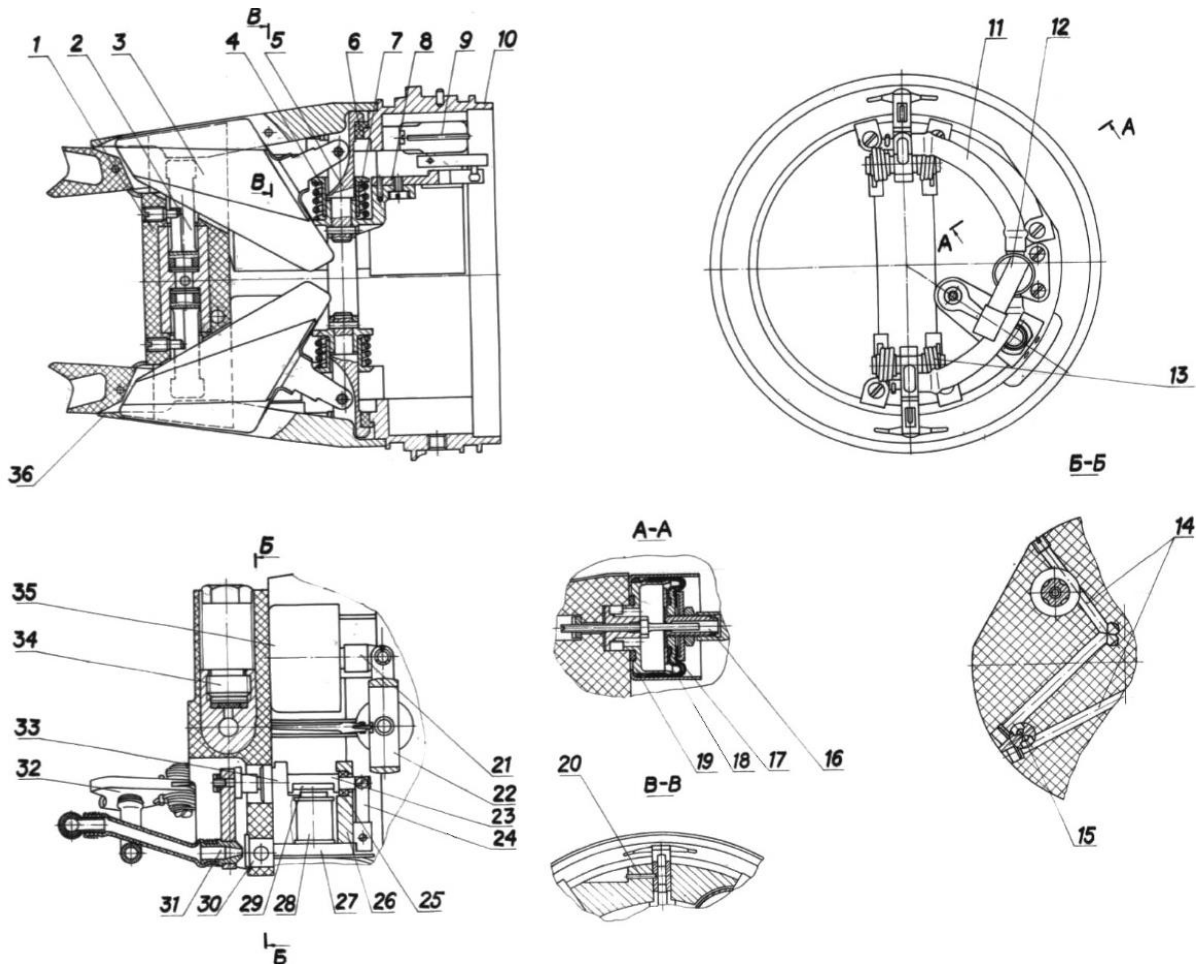


Рисунок 2– Рулевой привод

Рулевой привод состоит из:

а) исполнительный двигатель с аэродинамическими рулями;

б) управляющий электромагнит с распределительным устройством.

Главной частью рулевого привода является рама 10, на которой смонтированы оси 5 с рулями 3, втулками 4, пружинами 7. Рули закреплены с осью 22, на этой же оси расположена вилка 8, соединяющая рули с датчиком потенциометрической обратной связи 9. Рама 10 считается базовой частью, к которой установлено основание 1. На основании прикреплено два силовых цилиндра 35. Управляющий электромагнит 33 состоит из корпуса 26, в котором на подшипниках 25 установлена ось 23 с якорем 29, двух управляющих катушек 28, соединенных планкой 27, закрепленной в корпусе 26, и пружины 24. Силовой цилиндр 35 состоит из основания 19, на котором смонтирована эластичная манжета 18, закрытая крышкой 17, поршня 16, соединенного с манжетой 18, и серьги 21, соединяющей поршень 16 с осью 22. Руль 3 и воздухозаборники 32 удерживаются в сложенном положении стержнем 36, установленным штифтами 20 на раме 10 [2].

Рассмотрим принцип работы системы раскрытия рулей. Во время полета беспилотного летательного аппарата воздушные потоки попадают в рабочие отверстия рулевых машин через воздухосборник и струйный распределитель. Привод с автоматическими колебаниями создает напряжение, которое, проходя через усилитель, попадает на одну из обмоток управляющего магнита. Якорь притягивается к этой обмотке, направляя поток в соответствующее окно приемника. Далее воздух попадает в рабочую полость привода. В следствии перепада давления, возникшего при открытии второй полости, начинает двигаться поршень, придающий вращению ось рулевого управления.

Конструкция релейного рулевого управления определена следующими преимуществами: в замкнутом контуре предусмотрены высокочастотные автоматические колебания, что приводит к нелинейности (разрыву, трению покоя) в механической коробке передач, линеаризуются электромагниты (мертвая зона), и их влияние на преобразование управляющих сигналов практически невозможно; достигается максимальная динамическая точность; система состоит из минимального количества элементов по сравнению с непрерывными системами; ее легко производить, так как релейная система не нуждается в регулировке; требуется минимальное количество элементов управления.

Список литературы

1 Зеленый, А.Е. Создание нагрузок, имитирующих воздействие аэродинамических потоков, при раскрытии рулей / А.Е. Зеленый, С.А. Норкин. – Екатеринбург, 2012. – 181 с.

2 Гриценко, В.В., Методика проектирования воздушно-динамического привода трансзвукового малогабаритного управляемого снаряда / В.В. Гриценко. – Тула, КБП, 1996. – 25 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ

Клещарева Г. А., канд.техн.наук, доцент,
Климова Э.З., Клещарев И. В., Федоров М.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Сварка трением считается наиболее значительным достижением в области соединения разнородных металлов за последнее десятилетие. В последнее время растущие проблемы энергосбережения и охраны окружающей среды, увеличили спрос на легкие конструкции. Сварка разнородных металлов позволила достичь многих промышленных целей, например, снизить вес при сохранении ударопрочности транспортных средств, дальнейшее снижение веса порядка 30 – 35% маловероятно без использования конструкций из разных материалов.

Однако такие разнородные металлы трудно соединить сваркой из-за различных физических и механических свойств, так как образуется большое количество хрупких интерметаллических соединений. Высокие температуры, возникающие в процессе плавления, существенно влияют на микроструктуру металлов, что непосредственно влияет на свойство и структуру материала [1].

Поскольку сварка трением представляет собой сложный процесс, исследование и изучение происхождения дефектов сварного шва является не простой задачей. Совокупность и остаточное напряжение в зоне сварного шва в значительной степени зависят от сложного процесса пластической деформации. Тепло, которое выделяется при соединении, вызывает большие изменения в микроструктуре материала, ухудшая механические свойства металла, и тем самым вызывает деформацию сварного шва. Трещины при затвердевании, пористость сварного шва и растрескивание в зоне термического воздействия – это некоторые недостатки, которые следует рассматривать и изучать.

В большинстве сварочных процессов металл обычно соединяют путем снижения сопротивления деформации за счет подачи необходимого количества энергии в виде тепла. Однако подаваемое тепло имеет свойство создавать условия, которые вызывают микроструктурные изменения, например, перекристаллизацию, рост ориентации зерен и укрупнение или растворение упрочняющих осадков. Такие микроструктурные изменения происходят при разных температурах для разных материалов и зависят от химического состава используемых материалов. Таким образом, в зависимости от химического состава металла, условия обработки можно назвать или «очень горячей», или «очень холодной» обработкой. Сварка трением все еще подвержена образованию различных дефектов, поскольку в ней отсутствует потенциал для дисбаланса между различными зонами обработки. Дефекты, такие как отсутствие соединения или образования пустот, могут возникать в очень холодных условиях сварки из-за недостаточного потока материала, а такие дефекты, как образование вспышки, разрушение шва

в зоне сварки и ухудшение прочностных свойств соединения, могут возникать в очень горячих условиях из-за неверно подобранного режима сварки. Наряду с этими дефектами, существуют другие, связанные с геометрией, например, недостаточное проникновение и недостаточное соединение, которые в основном возникают из-за ошибок рабочего.

Перед сваркой партии деталей проводится обязательная сварка двух образцов для испытания на изгиб. Качественной сварка считается, если угол изгиба составил не менее 120º без разрушения по сварному стыку (рисунок 1).

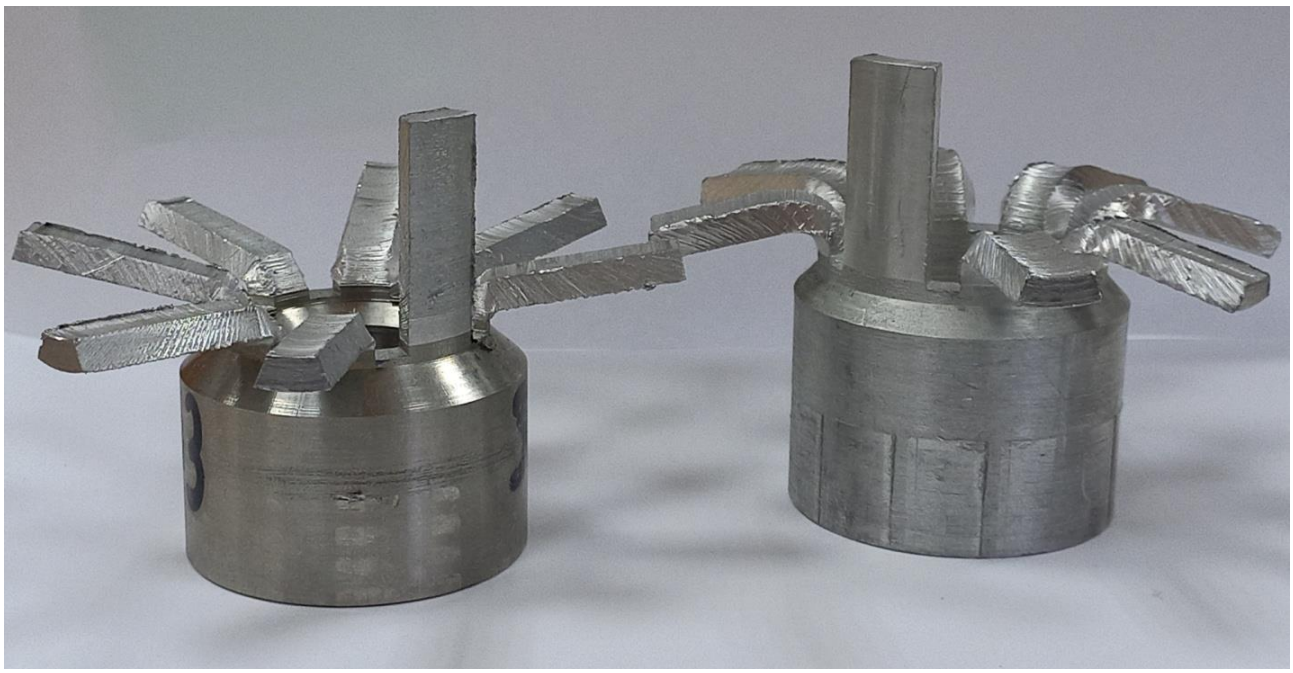


Рисунок 1 – Испытания на изгиб двух образцов.

Для испытаний прочности сварных соединений сваркой трением подбирались оптимальные режимы. Работа производилась на полуавтомате сваркой трением ПСТ-50 с. Сначала сваривались заготовки из АД1 и АМГ6 с предварительной торцовкой в зажиме машины заготовки АМГ6. Затем проводилась механическая обработка получившегося соединения для удаления получившегося грата, подрезается приваренный АД1 на установленный технологический размер, который необходим для проведения второй сварки с заготовкой из нержавеющей стали. В ходе работы выявлены следующие результаты: с увеличением скорости подачи – прочность соединения уменьшается. Так при частоте вращения заготовки диаметром 70 мм 850 об/мин и увеличении скорости подачи с 35 до 60 мм/мин предел прочности сварного шва уменьшается на 25%. Так же установлено, что оптимальным режимом по прочности соединения является частота вращения 1660 об/мин при скорости 40 мм/мин.

Наличие пустот в сварном шве является распространенным дефектом. Гидродинамика, связанная с пластическим потоком в сварном шве, играет ключевую роль в образовании таких пустот. Высокая скорость сварки способствует

повышению производительности, однако слишком высокая скорость приводит к образованию пустот в сварном шве.

Таким образом, алюминиевые сплавы являются наиболее привлекательным решение для многих отраслей промышленности, включая аэрокосмическую, морскую и другие отрасли, где существует спрос на легкие конструкции. Дефекты сварного шва, обнаруженные при сварке трением, сильно отличаются от дефектов обычной сварки. Чтобы избежать таких дефектов, необходимо определить теплофизические и механические свойства свариваемого материала и соответствующим образом регулировать температуру обработки и скорость обработки [2, 3]. Скорость вращения заготовки и скорость перемещения заготовки определяют пиковую температуру, создаваемую во время сварки трением, и время, необходимое для сварки материала. Следовательно, параметры сварки трением, подходящие для обработки одной серии алюминиевых сплавов, значительно отличаются от параметров и режимов, подходящих для сплавов других серий.

Список литературы

1. Черных И.К, Васильев Е.В., Дыльченко Р.В., Жданова Ю.Е., Игисенов Б.К. Особенности сварки разнородных металлов методом сварки трением с перемешиванием // ОНВ. 2019. №1 (163). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-svarki-raznorodnyh-metallov-metodom-svarki-treniem-s-peremeshivaniem (дата обращения: 08.01.2022).

2. Качество сварных соединений нержавеющих трубопроводов при их изготовлении. // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2021. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-faktorov-okazyvayuschih-vliyanie-na-kachestvo-svarnyh-soedineniy-nerzhaveyuschih-truboprovodov-pri-ih (дата обращения: 08.01.2022).

3. Низаметдинов А.Ф., Хасанов Р.Р. Оценка влияния факторов, оказывающих влияние на качество сварных соединений нержавеющих трубопроводов при их изготовлении // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2021. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-faktorov-okazyvayuschih-vliyanie-na-kachestvo-svarnyh-soedineniy-nerzhaveyuschih-truboprovodov-pri-ih (дата обращения: 08.01.2022).

ВИБРОДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Крассовская Т.В., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент., Суетина С.Ю.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Вибродиагностика основана на том, что при работе дефектных зубчатых передач возникают дополнительные колебания, появляющиеся из-за износа вращающихся частей, резкого изменения нагрузки и т.д. Сигнал, получаемый при помощи датчиков вибрации, установленных на корпусе редуктора, поступает в считывающее устройство или измерительный блок. После этого поступивший сигнал обрабатывается компьютером и сравнивается с сигналом, полученным для редуктора без дефектов. Помимо этого диагност может вывести спектральный график работы редуктора на экран компьютера и определить характер работы механизма, его пиковые нагрузки, степень износа зубчатых передач и т.д. [1, 2].

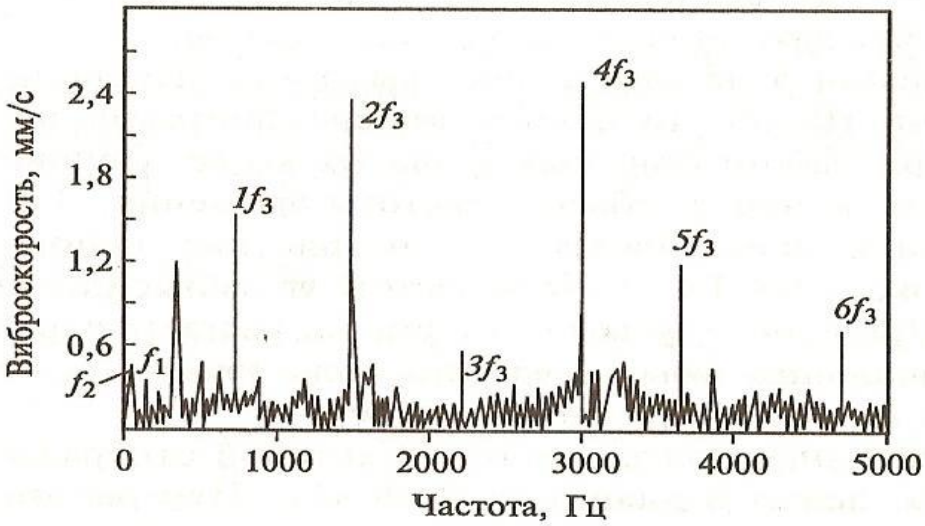


Рисунок 1 – Спектральный график колебаний редуктора

На сегодняшний день известны несколько основных методов вибрационной диагностика агрегатов и узлов [3]: метод ПИК-фактора, метод эксцесса, метод ударных импульсов, метод прямого спектра и др.

Основной задачей данного исследования являлось диагностика дефекта зубчатого колеса, а именно – отсутствие одного зуба. В качестве исследуемого редуктора был выбран редуктор привода клапана дымоудаления, кинематическая схема которого представлена на рисунке 2. Значения количеств зубьев зубчатых колес и шестерен редуктора представлены в таблице 1.

Для определения закономерностей возникновения дефекта сначала испытывался редуктор, имеющий зубчатые передачи без дефекта, затем редуктор, у которого на 4 зубчатом колесе отсутствовал один зуб.

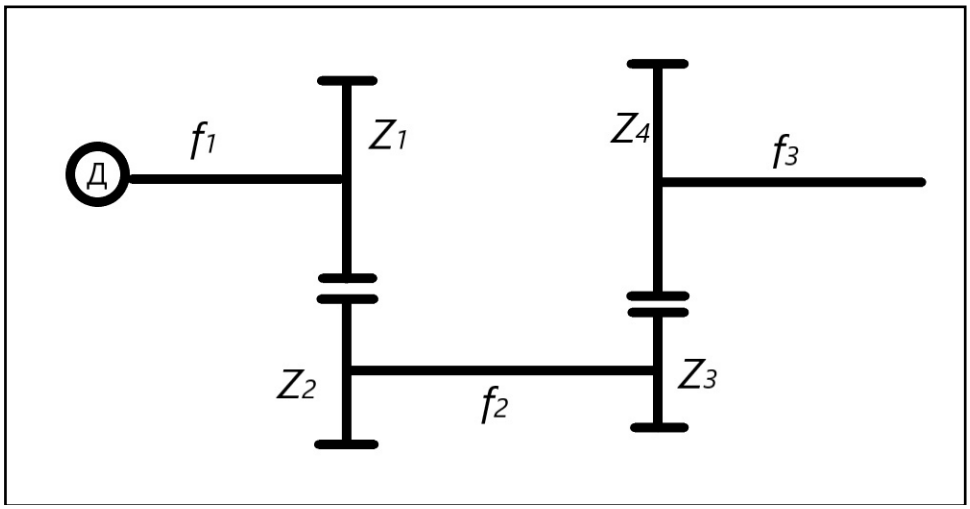


Рисунок 2 – Кинематическая схема редуктора

Таблица 1 – Исходные данные

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
15	87	14	78

При работе зацепления каждый зуб подвергается периодическому силовому воздействию, приводящему к возникновению вибрации с частотой пересопряжения зубьев $f_z = Zf_{\text{вр}}$, где $f_{\text{вр}}$ – частота вращения вала зубчатого колеса, а Z – число зубьев каждого колеса и кратные ей $kf_z = kZf_{\text{вр}}$, где k =2,3,4…

В таблице 2 представлены частоты, пики которых будут присутствовать в спектре вибрации редуктора.

Таблица 2 – Вальные частоты и частоты пересопряжения зубьев

	Редуктор без дефекта	Редуктор с дефектом
f_3	3,504762 Гц	3,72381 Гц
f_2	19, 52653 Гц	20,74694 Гц
f_1	113,2539 Гц	120,3322 Гц
$f_3 \cdot Z_4$	273,3714 Гц	290,4571 Гц
$2f_3 \cdot Z_4$	546,7429 Гц	580,9143 Гц

С помощью прибора ВИБРАН 3.0 и соответствующего программного обеспечения были получены спектральные графики. Вибродатчики устанавливались в зонах расположения зубчатых передач продольно и поперечно осям вращения валов.

Сравнение пиков частот на графиках с частотами из таблице 2 говорит о достоверности полученных результатов. Для редуктора с дефектом четко видно рядом с зубцовой составляющей наличие дополнительных боковых составляющих. Это говорит о появлении дополнительных колебаний в зубчатой передаче, связанных с отсутствием зуба колеса.

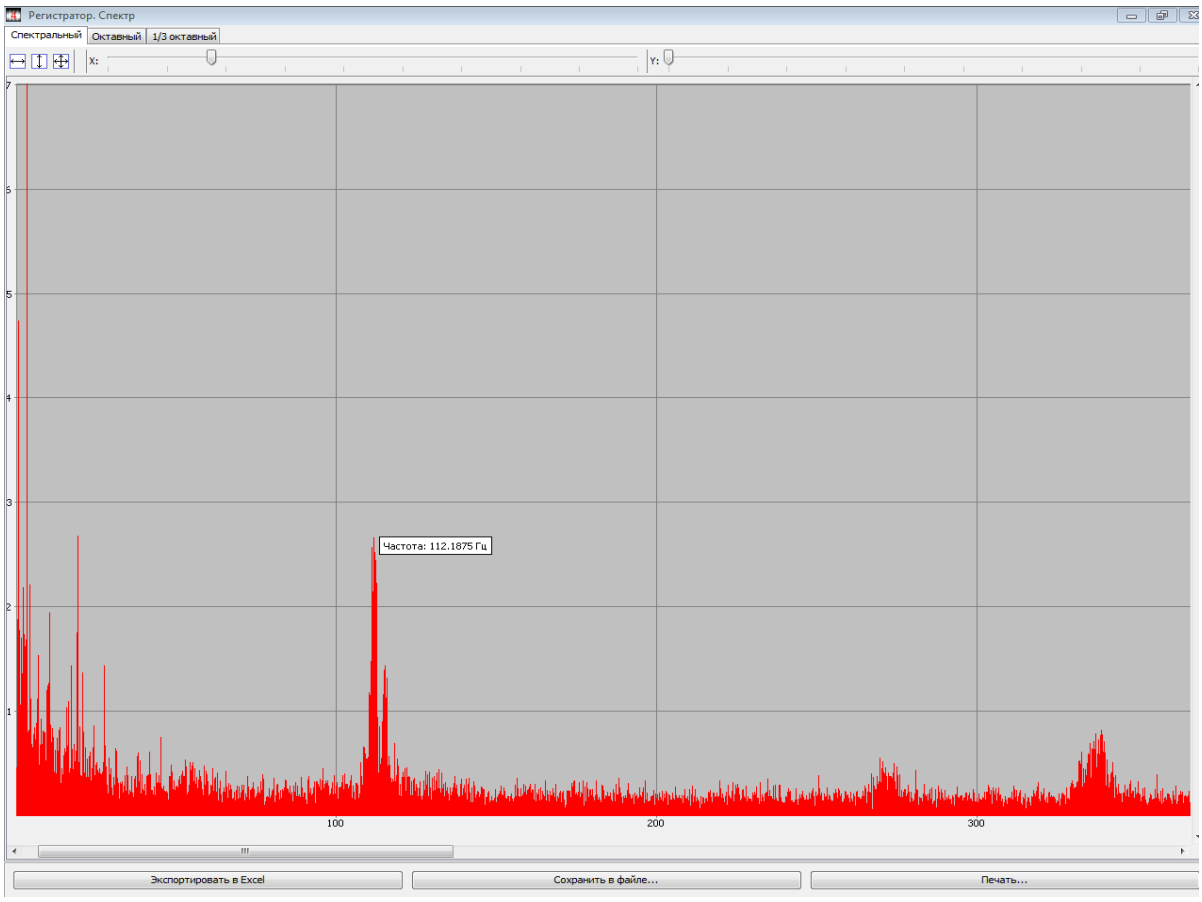


Рисунок 3 – Спектральный график работы редуктора без дефекта (0 – 380 Гц)

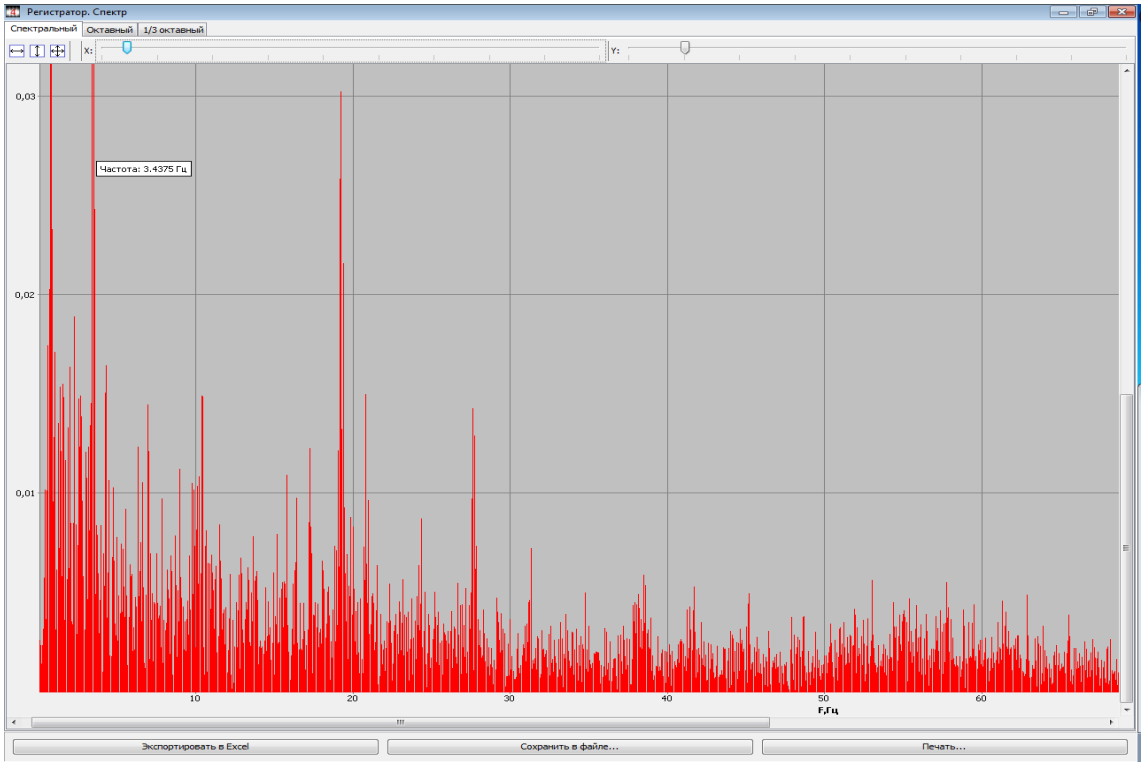


Рисунок 4 – Спектральный график работы редуктора без дефекта (0 – 70 Гц)

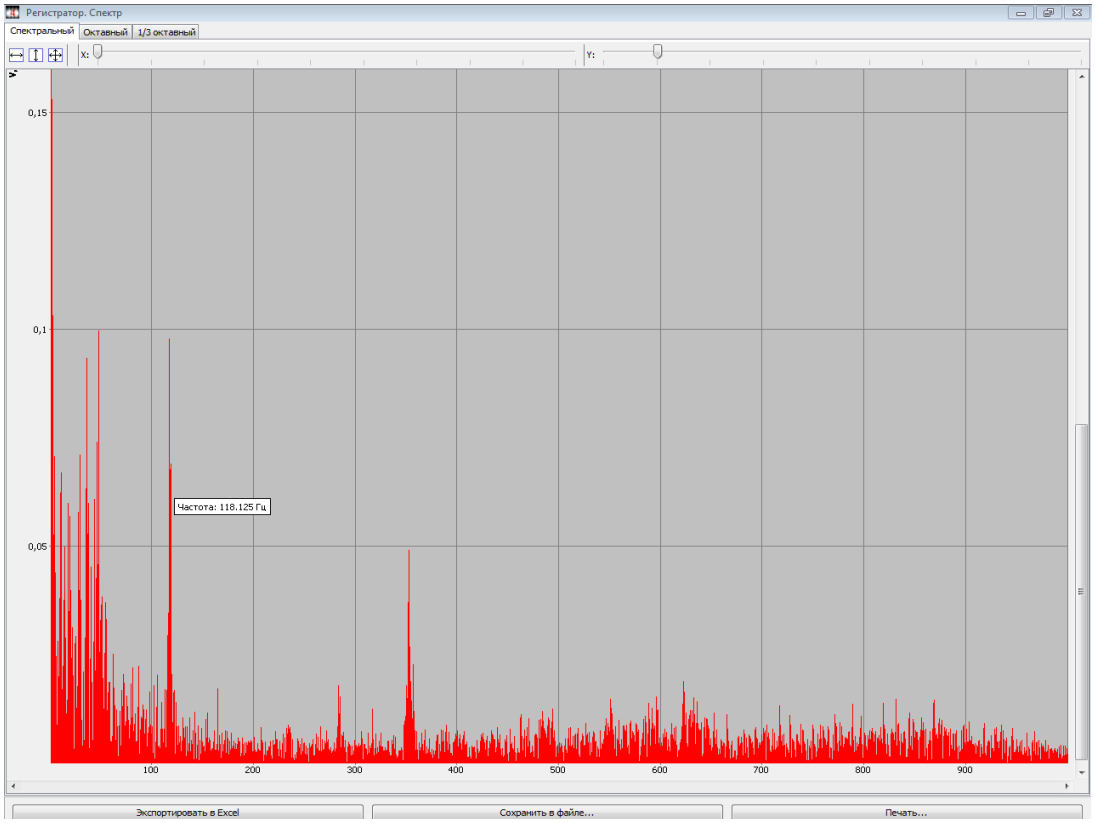


Рисунок 5 – Спектральный график работы редуктора без дефекта (0 – 1000 Гц)

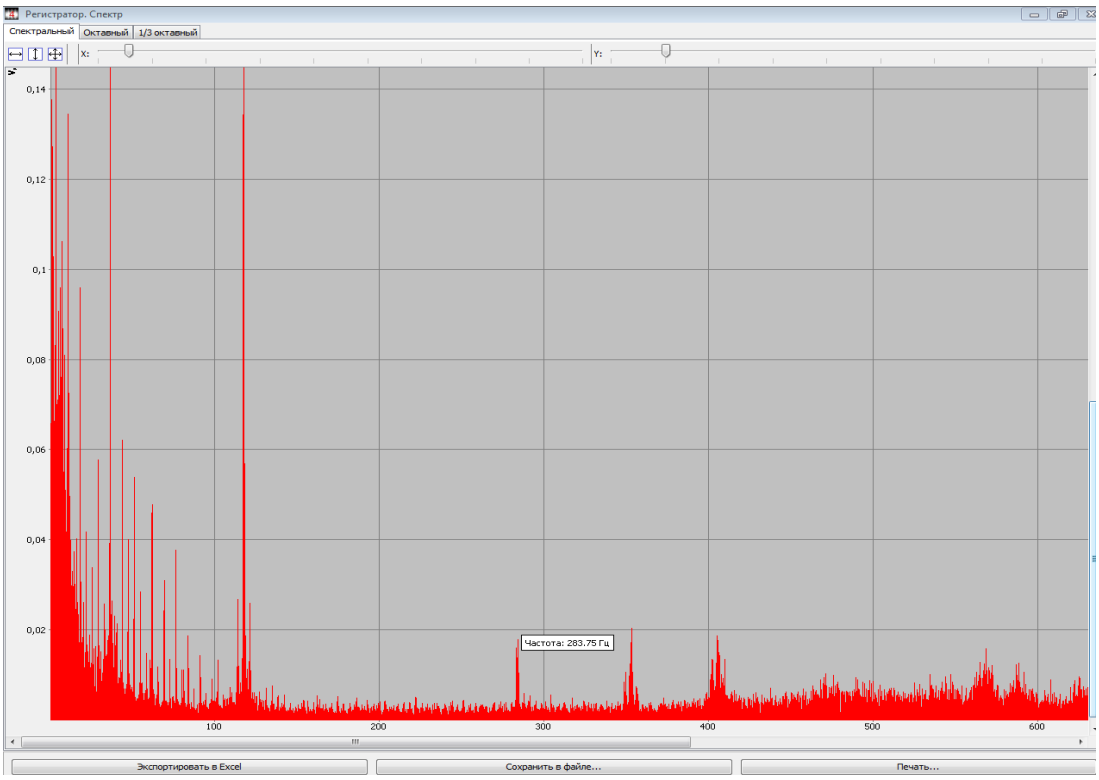


Рисунок 6 – Спектральный график работы редуктора без дефекта (0 – 650 Гц)

Список литературы

1. Балицкий , Ф.Я. Вибродиагностика // Ф.Я. Семенов, А.В. Барков, Н.А. Баркова. – М.:Машиностроение, 2005. – 829 с.

2. Крассовская, Т.В. Использование метода вибродиагностики зубчатых передач для обеспечения безопасности технологических процессов // Т.В. Крассовская, Н.А. Морозов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. - Оренбург: ОГУ, 2021. - С. 632-635.

3. Крассовская, Т.В. Анализ методов вибродиагностики промышленного оборудования и экономическая целесообразность их применения // Т.В. Крассовская // Молодой ученый. - Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. - С. 32-38.

УСТАНОВКА ДЛЯ ВИБРОДИГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Крассовская Т.В., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент,
Суетина С.Ю.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

С развитием техники в нашу жизнь пришли сложные агрегаты и механизмы, что требует проведения диагностических работ.

С ростом нагрузки и повышением требований к точности производства встала острая необходимость в своевременном обслуживании механизмов. Обнаружился факт того, что при плановом сервисе отсутствует возможность выявить деталь, имеющую зарождающуюся неисправность. Также при плановом осмотре механизм выводится из строя, что экономически не целесообразно.

Одним из методов диагностики механизмов методом неразрушающего контроля является виброакустическая диагностика. Вибродиагностика – метод диагностирования систем, узлов, агрегатов и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, происходящих в объекте во время его работы [1].

Изначально, данный метод был создан для определения имеющихся дефектов или возникших повышенных энергетических затрат на работу механизма. Позже данный метод диагностирования получил развитие, и появилась возможность выявлять дефекты уже на стадии их зарождения.

Вибродиагностика обладает рядом преимуществ перед основными методами диагностики, а именно:

- позволяет выявить скрытые дефекты оборудования;
- имеется возможность получить информацию о состоянии объекта диагностики в труднодоступных местах;
- проведение вибродиагностики позволяет обнаружить многие дефекты ещё на стадии появления дефекта, выявить причину дефекта и, возможно, методы устранения;
- за счёт того, что вибродиагностика относится к классу методов неразрушающего контроля, экономится большое количество времени на проведение диагностики;
- также при внедрении вибродиагностики в перечень обязательных операций, проводимых с определённой периодичностью или постоянно, происходит снижение риска аварийной ситуации и преждевременного выхода узла или системы из строя по причине отказа [1].

На сегодняшний день в вибродиагностических приборах используется цифровой метод обработки информации, что позволяет за короткое время получить результат измерений. С учётом развития связи имеется возможность передавать информацию в единые центры, где информация аккумулируется. После общего анализа неисправностей, можно выявить наиболее часто проявляющийся дефект, сделать прогноз отказов, предупредить вытекающие поломки [2].

Представленная установка была создана для проведения эксперимента в области вибродиагностики зубчатых передач. Её составляющими элементами являются: трансформатор с индикатором, отображающим рабочее напряжение и винтом для его регулировки; соединительные провода, проводящие ток от трансформатора к электродвигателю; редуктор с зубчатыми колесами, шестернями и валами (рисунок 1) и виброанализатор Вибран-3, датчики прибора должны быть расположены на редукторе. Вибран-3 четырехканальный виброанализатор предназначенный для контроля и регистрации вибраций. Основное назначение прибора – запись и анализ колебательных процессов различных объектов, поиск дефектов структуры изделий методом сопоставления реакций на ударное воздействие с эталонным спектром.

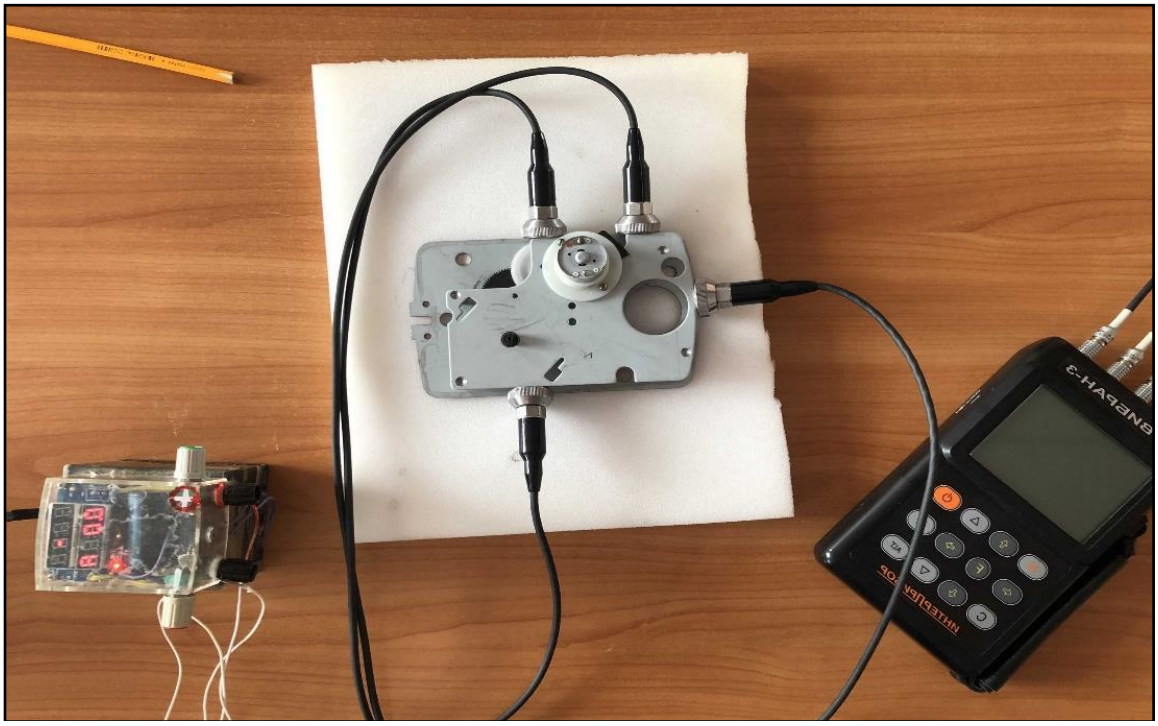


Рисунок 1 – Общий вид установки

На рисунке 2 представлена кинематическая схема редуктора. Из схемы видно, что вращение от электродвигателя передается на зубчатое колесо 4 вала f_3 через колесо 2 и шестерни 1 и 3, закрепленные на валах f_1 и f_2.

С помощью виброанализатора Вибран-3 и магнитных датчиков можно получить информацию о вибрациях, происходящих в редукторе.

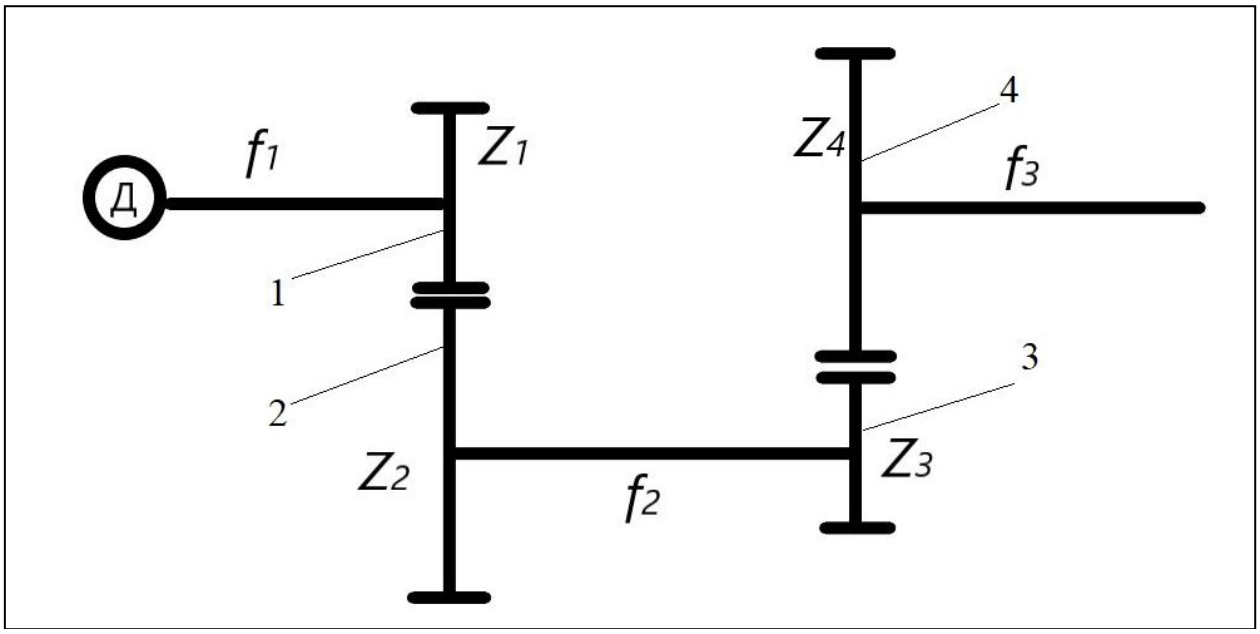


Рисунок 2 – Кинематическая схема редуктора

Для проведения испытания в редукторе были использованы зубчатые колеса, шестерни и валы представленные на рисунках 3 – 6.

Рисунок 3 – Шестерня электродвигателя

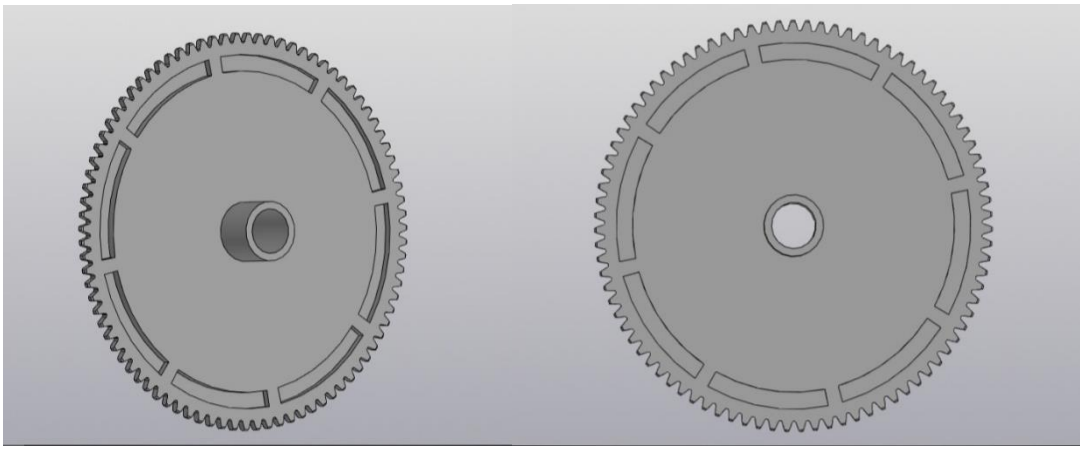


Рисунок 4 – Зубчатое колесо 1

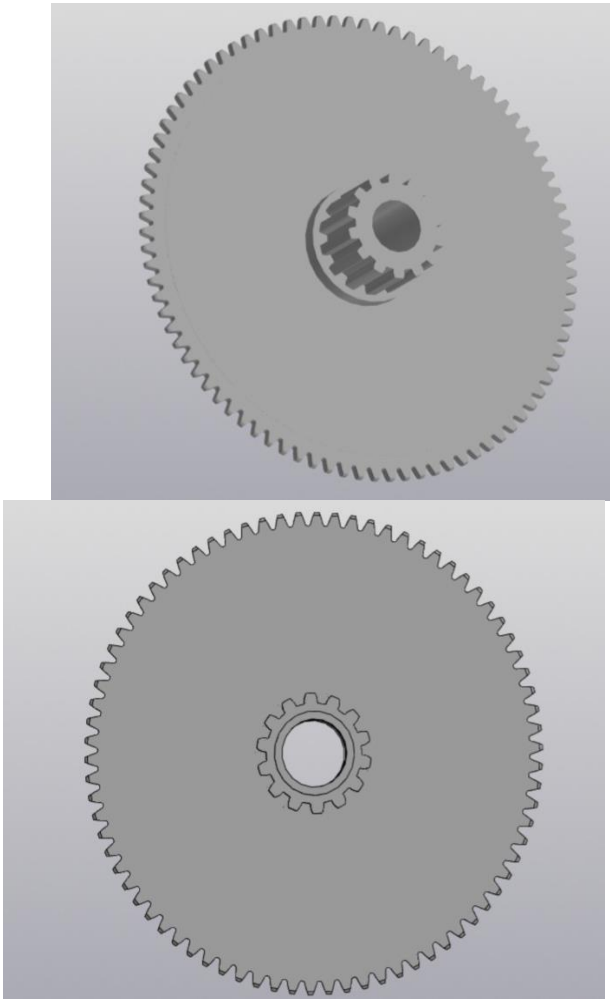


Рисунок 5 – Зубчатое колесо 2 и шестерня 3

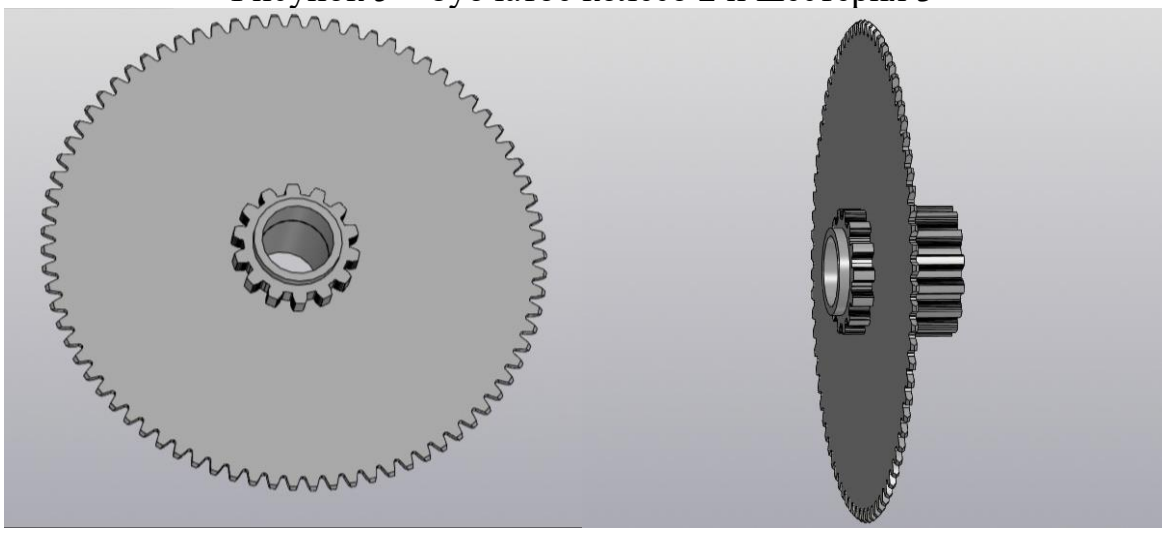


Рисунок 6 – Зубчатое колесо 4 и шестерня 5

Так как наиболее опасным дефектом является поломка зубьев, которая может привести не только к выходу из строя зубчатых передач, но и других элементов оборудования, то основным направлением экспериментальных исследований, будет являться вибродиагностика данного дефекта зубчатых передач.

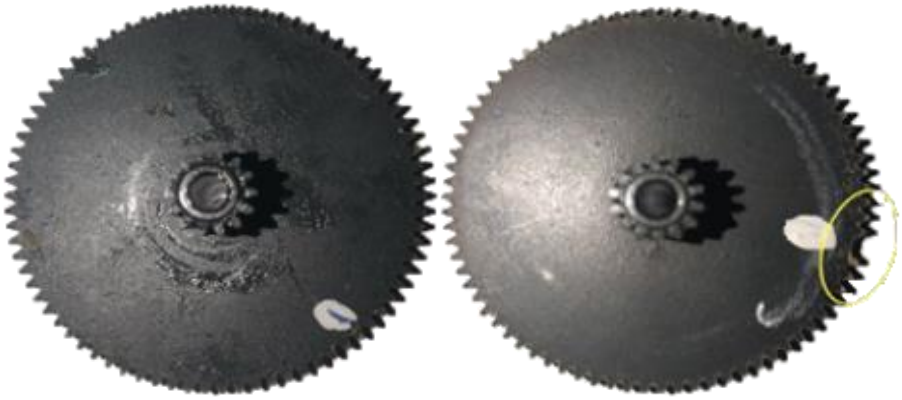


Рисунок 7 – Шестерни с дефектом и без дефекта

После проведения измерений виброанализатором Вибран-3, можно перенести данные на компьютер при помощи специального ПО. Данная программа позволяет построить график спектра (рисунок 8).

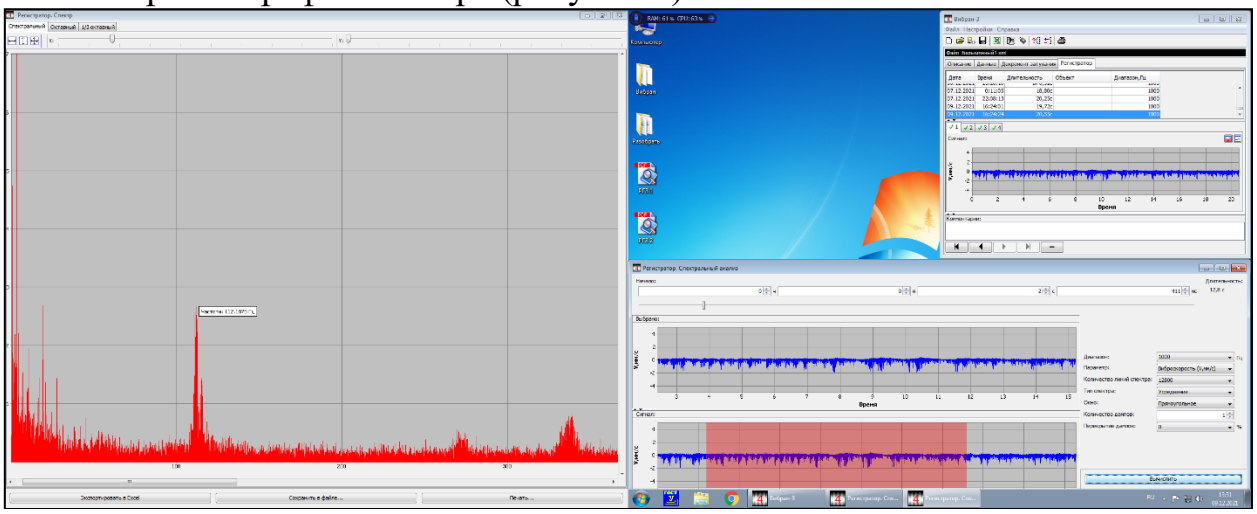


Рисунок 8 – График спектра

Таким образом, была создана установка для вибродиагностики дефектов зубчатых передач. Она позволяет проанализировать график спектра и принять решение насколько критичен дефект для дальнейшего процесса работы редуктора.

Список литературы

1. Балицкий , Ф.Я. Вибродиагностика // Ф.Я. Семенов, А.В. Барков, Н.А. Баркова. – М.:Машиностроение, 2005. – 829 с.

2. Крассовская, Т.В. Использование метода вибродиагностики зубчатых передач для обеспечения безопасности технологических процессов // Т.В. Крассовская, Н.А. Морозов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. - Оренбург: ОГУ, 2021. - С. 632-635.

3. Крассовская, Т.В. Анализ методов вибродиагностики промышленного оборудования и экономическая целесообразность их применения // Т.В. Крассовская // Молодой ученый. - Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. - С. 32-38.

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОБВОДА РАДИОПРОЗРАЧНОГО ОБТЕКАТЕЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Кудрявцев Д.В., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Магдин А.Г., канд. техн. наук; Нестеренко Р.А.

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

Целью данной работы является анализ всевозможных требований, предъявляемых к конструкции осесимметричного радиопрозрачного обтекателя (РПО) и подбор наилучшей его геометрической формы.

Разработчики современной авиационной и ракетной техники задаются целью изготовить летательный аппарат (ЛА), имеющий минимальный вес при максимальной скорости и маневренности. Для уменьшения веса конструкции ЛА применяют композиционные материалы различного состава. В управляемых летательных аппаратах используют радиопрозрачные конструкции, которые способствуют штатной эксплуатации навигационных систем. Задаче, посвященной разработке радиопрозрачного обтекателя, уделяется отдельное внимание, ведь при создании РПО необходимо комплексно учитывать все требования, предъявляемые к данной конструкции. Прежде чем подбирать форму обтекателя, необходимо определить какой класс ракет требуется изготовить. Так, например, в случае изготовления ракеты класса земля-воздух требования к хранению будут весьма просты в подборе материала, ведь температурный градиент варьируется от минус до плюс 60 °С. Изготавливая ракету класса воздух-воздух, помимо необходимости соблюдения изложенных требований, должен учитываться совместный полет с носителем, который доставляя ракету до места пуска вызывает аэродинамический нагрев вплоть до 250 °С, а также образует дополнительные вибродинамические нагрузки [3].

После определения касса ракеты подбирают материал РПО. Материал РПО должен соответствовать ряду требований:

- в зависимости от скорости ЛА, температурный градиент по поверхности обтекателя будет различный, конструкция должна исправно работать при воздействии этих температур;
- в процессе полета конструкция ЛА испытывает различные механические воздействия, поэтому ей необходимо выдерживать полетные нагрузки на должном уровне;
- эрозионная стойкость, конструкция не должна напитывать влагу во время эксплуатации ведь неудовлетворительные показатели пористости отрицательно сказываются на пропускной способности радиоволн материала;
- минимально возможная плотность, не отражающаяся на остальных требованиях (прочности, надежности и т. д.)

- радиотехнические характеристики должны удовлетворять техническим требованиям в готовом изделии, материал из которого сделан обтекатель, не должен искажать радиоволны конкретно заданного спектра;

- технология изготовления должна быть простая, не требующих особых навыков в производстве обтекателя;

- малая стоимость материала, из которого изготовлен обтекатель [1].

Каждое новое, либо модифицированное изделие ЛА будет иметь индивидуальный набор необходимых свойств. При изготовлении РПО необходимо комплексно соблюсти вышеизложенные требования, в результате которых получают обтекатель с новой технологией изготовления и конструкцией.

При выборе материала РПО уделяют отдельное внимание скорости полета ЛА. В последние годы применяют стеклопластики при скоростях до 5 Махов, а при скорости полета выше 5 Махов применяют керамику. Изучение композиционных материалов позволяют применять стеклопластики при больших скоростях полета, что позволяет уменьшить массу в сравнении с изделием из керамики. На рисунке 1 изображена зависимость скорости полета от изучения композиционных материалов (в частности стеклопластиков) и керамики с течением лет.

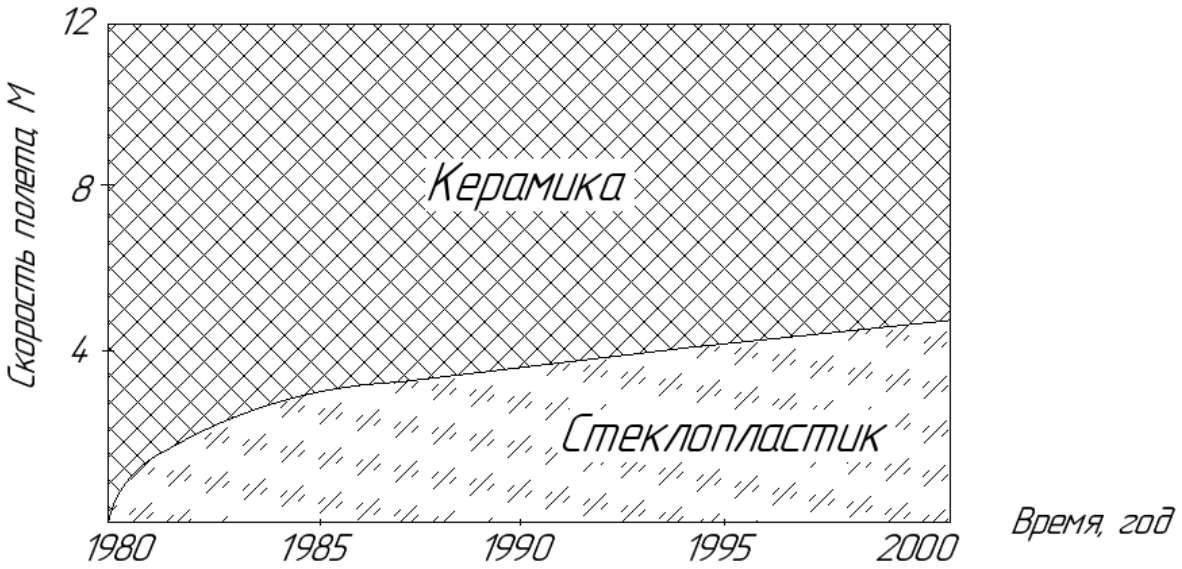


Рисунок 1 – Зависимость скорости полета от времени изучения материалов

Одновременно с подбором материала осуществляют также выбор геометрической формы обтекателя. Существуют различные формы обтекателей, которые решают ту или иную задачу. В данной работе предложены рациональные геометрические обводы с осесимметричной формой. Увеличение скорости полета напрямую влияют на геометрическую форму обтекателя. Наиболее лучшим показателем радиопрозрачности в готовом изделии будет являться обтекатель, имеющий форму геометрического обвода полусферы. При форме обтекателя полусферы и правильном подборе материалов искажения электромагнитного поля происходить не будут. Однако такая форма обтекателя приводит к увеличенному

аэродинамическому сопротивлению, следовательно, применять ее в конструкции ЛА возможно лишь при скоростях полета до 2 Махов. Решая вопрос уменьшения аэродинамического сопротивления, конструктора применяют обтекатели с заостренной формой близкой к форме конуса. Обтекатель с такой формой способен развить скорость полета в 10 раз превышающую скорость звука. Решая вопрос геометрического обвода, разработчики прибегают к понятию удлинение обтекателя. Удлинение обтекателя – это отношение длины L к диаметру D обтекателя. На рисунке 2 изображено как удлинение обтекателя зависит от скорости полета.

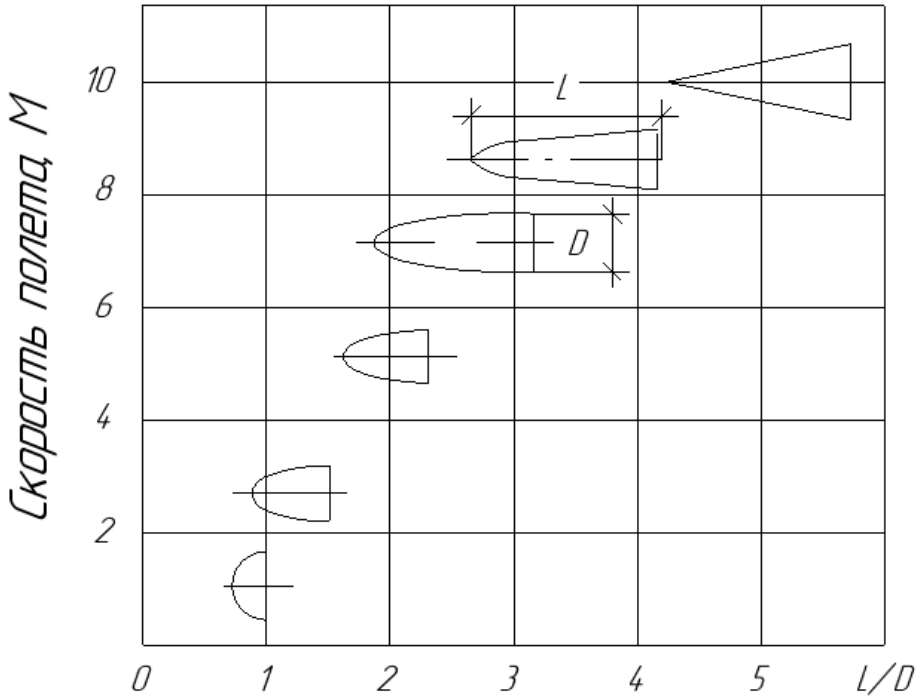


Рисунок 2 – Зависимость удлинения обтекателя от скорости полета

Конусная форма обтекателя из стеклопластика, которая, не разрушаясь способна преодолевать скорость в 10 Махов, не может быть радиопрозрачной, ведь такая форма будет изменять диэлектрические свойства материала из-за сильного динамического нагрева. Конструктора опытным путем определили, что использование стеклопластиков конструкции РПО возможно лишь у обтекателей, скорость которых не превышает 5 Махов при удовлетворительных значениях показателей радиопрозрачности. Такая форма, которая соответствует требованиям радиопрозрачности и скорости современных ЛА, называется оживальной [2,4].

Таким образом, если конструкция РПО изготовлена из стеклопластика, то максимальная возможная скорость, которую способен развить ЛА, будет равна 5 Махам.

Список литературы

1. Данильченко, Д. А. Особенности разработки радиопрозрачных обтекателей / Д. А. Данильченко, И. Д. Самойленко, В. В. Волошин [и др.] // Космическая техника. Ракетное вооружение. 2019. №1. С. 133-139.

2. Жидкова, О. Г. Проектирование радиопрозрачных конструкций из композиционных материалов / О. Г. Жидкова, А. В. Бородавин, Д. В. Митюшкина, Н. В. Берсекова // Конструкции из композиционных материалов. 2020. №1. С. 6-12.

3. Русин, М. Ю. Композиционные материалы для радиопрозрачных обтекателей летательных аппаратов / М. Ю. Русин, В. В. Василенко, В. Г. Ромашин [и др.] // Новые огнеупоры. 2016. №10. С. 19-23.

4. Уварова Н. Е. Радиопрозрачные стеклокерамические материалы / Н. Е. Уварова, Ю. Е. Ананьева, Е. Г. Болокина [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2007. №7. С. 96-99.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

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

Предметом исследования в статье является изготовление корпуса ракетного двигателя из композиционных материалов.

Оболочку корпуса РДТТ из композиционных материалов изготавливают путем спирально-кольцевой намотки волокон, тем самым создавая силовую оболочку двигателя. Значительная часть массы РДТТ приходится на корпус (около 40-50 %), поэтому чтобы облегчить корпус используют такие материалы как углеродные волокна, органические волокна намотанные и пропитанные эпоксидными смолами, тем самым облегчая конструкцию, что позволяет увеличить массу полезного груза.

Рассматривая формирование корпуса РДТТ методом «сухой» намотки, исходим из того, что он более эффективнее чем метод «мокрой» намотки. Преимущества метода «сухой» намотки состоят в: обеспечении высокой производительности и лучших условий труда по сравнению с «мокрой» намоткой; равномерность армирования (соотношение наполнитель-связующее); высоких физико-механических характеристиках; использовании препрегов (предварительно пропитанных высоковязкими связующими); технологическом плане намотки конусных форм или сложных; экологичности.

В связи с вышеизложенным для изготовления корпуса РДТТ выбран метод «сухой» намотки.

Первым этапом получения изделия в открытой форме является нанесение антиадгезионных покрытий.

При выборе разделительного материала обращаем внимание на следующие факторы: глянцевая поверхность изделия; вторичная отделка, например, окрашивание; материал формы, связующее холодного или горячего отверждения. После каждой стадии формования необходимо производить полировку формы.

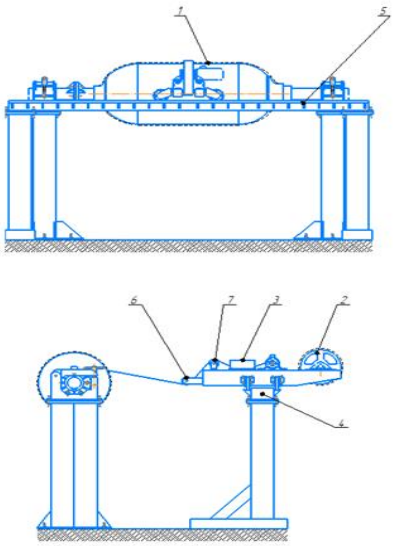
Чтобы получить гелькоат (гелеобразный состав, применяемый для создания защитного покрытия композитных изделий), применяем полиэфирную смолу, которая имеет в своем составе минеральные наполнители и красители, но без армирующих добавок. Этот состав наносим на поверхность формы, после чего он в процессе формования попадает на изготовляемое изделия. Таким образом, образуется глянцевая поверхность с хорошими защитными свойствами.

Специфической частью конструкции РДТТ, является силовой корпус, который представляет собой емкость для хранения твердого топлива и камеру сгорания, поэтому предъявляются специальные предписания к надежности и весовому совершенству конструкции.

РДТТ производятся методом намотки в виде оболочки типа кокон из полимерных композиционных материалов. В днище корпуса РДТТ устанавливаем металлические закладные элементы, служащие для установки сопла, крышки и воспламенителя. Эти крепления приводят к появлению зон концентрационных локальных напряжений в полюсных областях корпуса РДТТ, которые определяют надежность конструкции. Через промежуточные слои закладной компонент, который состоит из пологой оболочки с переменной толщиной и металлического кольца, крепится к формируемой композитной оболочке. Для компенсации усилий между закладным компонентом и корпусом располагаем переходную резиновую прослойку. В днищах корпуса между теплозащитой и внутренней поверхностью закладного компонента устанавливаются кольцевые поясковые зоны раскрепления (КПЗР), которые представляют собой контактные поверхности без адгезионных и клеевых материалов. Из-за такой неоднородной конструкции возникают сложности в работе металла и композиционного материала, поэтому чтобы обеспечить равнопрочность такой конструкции, нужно выбирать жесткость материалов с учетом общей прочности. «Сухая» намотка производится с помощью препрегов, которые заранее пропитаны и подсушены. Укладка лент или жгутов начинается с того, что они проходят через нагревательную камеру, размягчаясь, укладываются на оправку. Это гарантирует равномерность связующего, задает прочность и стабильность изделия.

Технологический процесс производства конструкции из полимерных композиционных материалов (ПКМ) состоит из следующих операций: установить оправку на станок; нанести на оправку ТЗП; формирование изделия вместе со структурой ПКМ; отверждение связующего, в результате чего фиксируется форма изделия и образуется окончательная структура композита; снять конструкцию.

Формование корпуса производим способом продольной намотки препрега в виде лент, которые укладываются вдоль оправки, при этом раскладчик перемещается по направлению от полюса к полюсу, а при смене направления перемещения оправки осуществляется поворот на 180 °. Схема «сухой» намотки препрегом изделия показана на рисунке 1.



1 – оправка; 2 – бобина с препрегом; 3 – нагреватель; 4 – суппорт; 5 – каретка; 6 – головка; 7 – устройство натяжения.

Рисунок 1 – Схема «сухой» намотки препрегом изделия

Одной из основных стадий при которой формируется материал, является полимеризация при повышенной температуре.

Для обеспечения заданных параметров технологических режимов применяем печи для полимеризации композитных материалов.

Печи полимеризации позволяют собрать практически любую по длине конструкцию, а также изготавливать в тупиковом или проходном варианте изделия, также предназначены для работы в различных температурных диапазонах, при различной влажности внешней окружающей среды (5 до 40°С и относительной влажности до 80% при температуре 35°С). Внутри печи обеспечивается равномерность температуры за счет конвекции воздуха. Надежность печей обеспечивается тем, что в них используются трубчатые электронагреватели. Рабочие температуры варьируются в пределах от 50 до 250°С. Модель печи полимеризации представлена на рисунке 2.

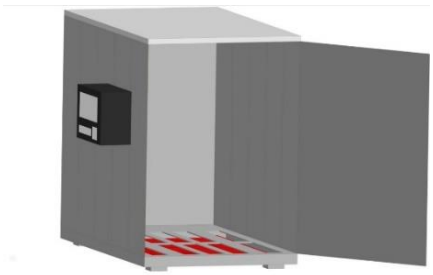


Рисунок 2 – Модель печи полимеризации

Одним из главных элементом корпуса твердотопливного ракетного двигателя является силовая оболочка. В камере сгорания применяется телозащита, предохраняющая корпус от высоких температур. Воспламенитель крепится к

переднему фланцу. К заднему фланцу крепится сопловой блок. Также в конструкции применяется компенсационный клин, который снимает критические напряжения с силовой оболочки РДТТ.

Схема армирования и конфигурация силовой оболочки должны быть такими, чтобы корпус при эксплуатации деформировался лишь в заданных пределах. Идеальной конфигурацией силовой оболочки РДТТ является конструкция в виде «кокона», в виде цилиндрической оболочки с осесимметричными днищами.

В днища силовой оболочки вматываются фланцы, изготовленные из высокопрочных алюминиевых, титановых сплавов или композитов. Фланец с силовой оболочкой крепится с помощью клея через промежуточные эластичные слои, которые компенсируют деформации. А также в эластичном слое имеется компенсатор в виде расслоения. На оправку перед намоткой устанавливаются фланцы, наносится теплозащита. Чтобы получить отверстия прибегаем к петельной структуре законцовки днища, которая создает кромку, передающую нагрузки с фланца на оболочку корпуса.

РДТТ должен быть хорошо защищен от температурных воздействий продуктов сгорания топлива, деформаций, должен обладать влаго- и газонепроницаемостью стенок, поэтому применяются теплозащитные покрытия (ТЗП). Они обладают такими физическими свойствами: герметизация, эластичность. Конструктивно-технологические решения внутренней теплозащиты корпуса обусловлены главным образом повышенной склонностью силовой оболочки к деформациям. Для соединения корпуса с другими агрегатами предусматриваем специальные стыковочные узлы, которые имеют форму цилиндрических "юбок", скрепленных с силовой оболочкой корпуса.

Для обеспечения минимальной массы теплозащиты применяем двухслойная конструкция ТЗП. Первый слой (наружный) состоит из материала, обладающего высокой эрозионной стойкостью, второй слой (внутренний) состоит из материалов с хорошей эластичностью и пониженной теплопроводностью. В зонах, контактирующих с твердым топливом, вводим защитные слои, которые препятствуют проникновению компонентов топлива в ТЗП и повышают адгезию топлива к ТЗП. Отвердение конструкции из ПКМ происходит в печи полимеризации на оправке, которая придает ему форму конечного изделия. Во время процесса отвердения между молекулами смол образуются связи, которые обеспечиваю заданные физические и механические свойства конструкции.

Сама оснастка должна соответствовать геометрии изделия, так как из-за температуры происходит расширение материала и оснастки, учитывая это используем коэффициент поправки, материал для изготовления оснастки должен иметь минимальную из возможной тепловой массы, но при этом сохранять механические свойства и долговечность. Такую оснастку можно применять в циклическом производстве без ухудшения характеристик

Использование термореактивных материалов позволяет получить характеристики, необходимых для производства оснастки для отвердения в печи полимеризации композитного материала.

Конечный вид изделия представлен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Модель корпуса РДТТ

Структура оснастки: опорная структура; промежуточная структура, состоящая из термореактивного материала; плита основания; элементы для установки переходной структуры к опорной структуре, обеспечивающая возможность свободного снятия и установки на опорную структуру. Полученная оснастка из недорогих материалов с хорошей теплопроводностью, позволяет изготовлять изделия из композитных материалов, что способствует увеличению качества изделий.

Список литературы

1. Гуняев Г.М. Конструирование высокомодульных полимерных композитов. М.: Машиностроение, 1977. 160 с.
2. Гуняев Г.М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов. М.: Химия, 1981. 232 с.
3. Гусева М.А. Циановые эфиры – перспективные термореактивные связующие (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2015. №2 (35). С. 45–50. DOI: 10.18577/2071-9140- 2015-0-2-45-50.
4. Жаринов М.А., Шимкин А.А., Ахмадиева К.Р., Зеленина И.В. Особенности и свойства расплавного полиимидного связующего полимеризационного типа // Труды ВИАМ: электрон. науч.-техн. журн. 2018. №12 (72). Ст. 05. URL: http://www.viam-works.ru. DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-12-46-53.
5. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071- 9140-2015-0-1.
6. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб.: Профессия, 2006. 624 с
7. Раскутин А.Е. Российские полимерные композиционные материалы нового поколения, их освоение и внедрение в перспективных разрабатываемых конструкциях // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 349–367. DOI 10.18577/2071-9140-2017-0-S-349-367

ТЕРМООБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время выделяют следующие технологии аддитивного производства металлических изделий [1]:

– селективное лазерное плавление (selective laser melting - SLM);

– селективное лазерное спекание (selective laser sintering - SLS);

– прямое лазерное спекание металла (direct metal laser sintering - DMLS);

– электронно-лучевое плавление (electron beam melting - EBM);

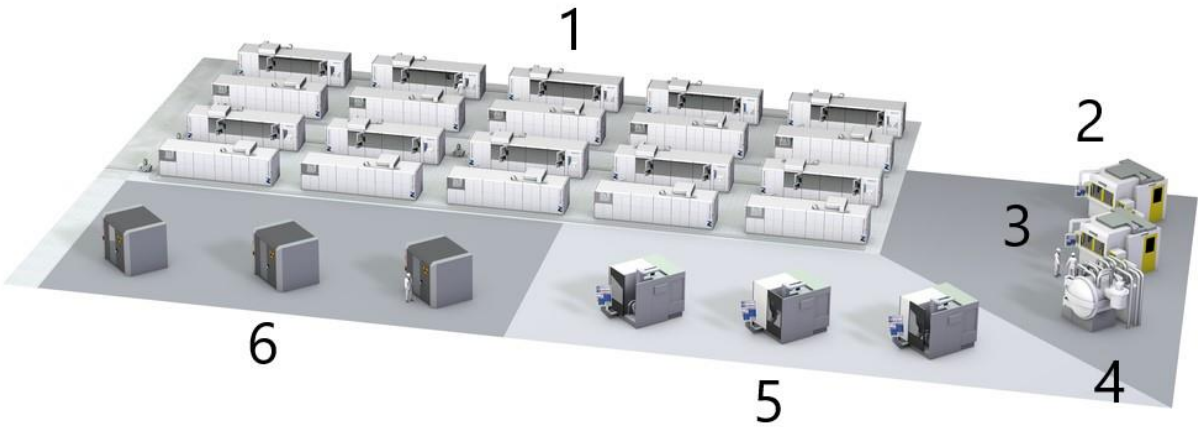
– аддитивное производство дуговой сваркой (wire-arc additive manufacturing - WAAM);

– прямое лазерное напыление (direct laser deposition - DLD);

– прямое осаждение металла (direct metal deposition - DMD);

– лазерное напыление металлов (laser metal deposition - LMD).

В основе каждой из представленных технологий лежит модуль быстрого прототипирования в виде 3D-принтера. Однако, для полного (завершённого) цикла процесса получения напечатанных изделий требуются дополнительные модули постобработки (рисунок 1), к которым относятся [2-5]:



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 [6]);

– модуль механической обработки изделий (многоосевая обработка на металлообрабатывающих станках с ЧПУ);

– модуль контроля (проверка геометрических размеров с помощью координатно-измерительной машины).

В качестве примера на рисунке 2 представлена зона постобработки напечатанных изделий, состоящая из минимального набора модулей (оборудования): муфельной печи, ленточной пилы и дробеструйной камеры.

Рисунок 2 - Зона постобработки с печью, столом с вытяжкой и дробеструйной камерой

На данный момент одним из перспективных направлений является метод селективного лазерного плавления, который подходит для печати металлических изделий сложной геометрии очень малых размеров (до 250×250×350 мм), которые невозможно получить обычным традиционным способом. Толщина каждого напечатанного слоя может достигать 20 мкм, а допуск на неровности конечного изделия составляет ± 50 мкм. В процессе изготовления изделия подвергаются локальному нагреву-охлаждению в значительном интервале температур, что приводит к высоким внутренним напряжениям [7].

Поэтому важным этапов постобработки изделий изготовленных с применением аддитивных технологий является термообработка, которая служит для снятия остаточного напряжения. 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. В результате 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.

Фирма CARBOLITE GERO для термообработки изделий изготовленных с применением аддитивных технологий предлагает печи с регулируемой газовой средой различных типоразмеров. Вакуумная печь, представленная на рисунке 3, позволяет снизить эксплуатационные затраты на термообработку, предотвратить окисление напечатанных изделий и поддерживает равномерное распределение температуры в печи.

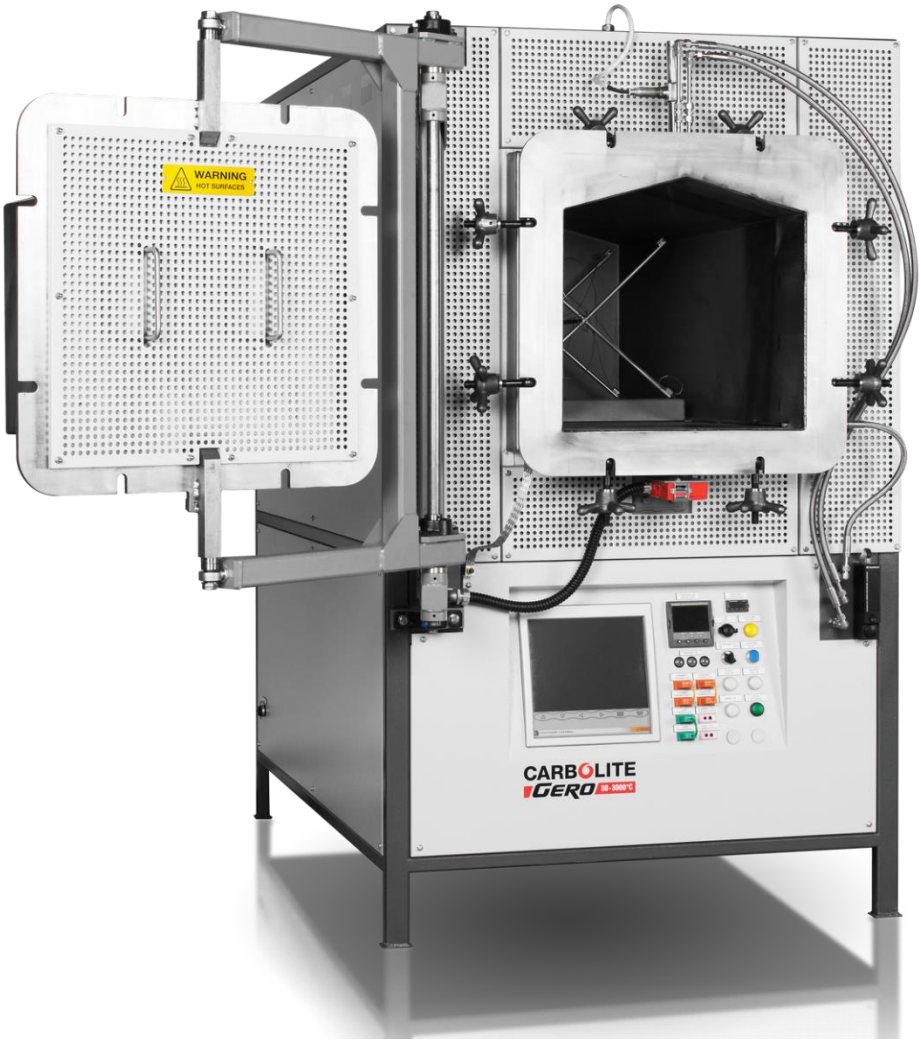


Рисунок 3 - Вакуумная печь CARBOLITE GERO GPCMA/174

На рисунке 4 представлена вакуумная печь VECTOR 3D предназначенная для всех типов процессов аддитивного производства из металлов. Оборудование

спроектировано для проведения термообработки широкого ассортимента изделий, изготавливаемых методом аддитивного производства [9].

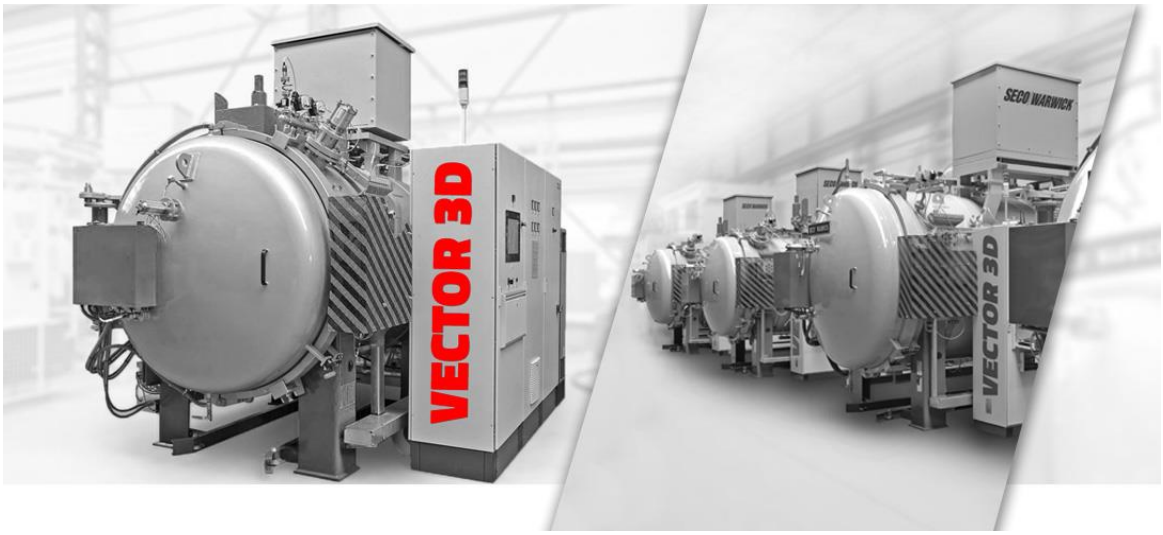


Рисунок 4 - Вакуумная печь SECO/WARWICK VECTOR 3D

В настоящее время на кафедре технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов ОГУ ведётся работа по разработке проекта модуля термообработки изделий изготовленных с применением аддитивных технологий. В рамках данной работы планируется решить следующие задачи:

– выбрать оптимальные режимы термообработки;
– выбрать конструкцию печи для термообработки;
– разработать компоновку модуля термообработки;
– разработать устройство загрузки модуля термообработки.

Список литературы

1. Powders for 3D Printing / MKNANO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mknano.com/3-D-Printing-Additive-Manufacturing-Materials/Metal-Powders/ Spherical-Metal-Powders/Powders-for-3D-Printing. - Загл. с экрана. - Проверено 13.12.2021.

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 13.12.2021.

3. 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 13.12.2021.

4. 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.

5. 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 13.12.2021.

6. Береснев, А.Г. Горячее изостатическое прессование для аддитивного производства / А.Г. Береснев, И.М. Разумовский. // Аддитивные технологии. - 2017. - № 4. - С. 44-48.

7. Термообработка изделий, изготовленных с применением литья порошков под давлением и аддитивных технологий // Аддитивные технологии. - 2019. - № 3. - С. 14-17.

8. Печи со специальной атмосферой и сверхвысоким вакуумом - Carbolite Gero [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.carbolite-gero.ru/ru/products/custom-furnaces-ovens/special-atmosphere-vacuum/function-features/. - Загл. с экрана. - Проверено 13.12.2021.

9. VECTOR 3D, предназначенная для технологии 3D-печати [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.secowarwick.com/ru/продукты/вакуумные-печи/vector-3d/. - Загл. с экрана. - Проверено 13.12.2021.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРЫЛА С УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

Миронова Е.М., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Проблема кручения крыла под действием воздушной нагрузки является одной из основных при проектировании и решается уже на протяжении довольно длительного периода времени, проявляясь особенно остро при использовании консольных и стреловидных крыльев. В настоящее время закрутка крыла в полете уменьшается, в основном, за счет придания крылу начальной отрицательной крутки передней кромки, но это решение имеет свои недостатки, связанные с выполнением маневров с отрицательной перегрузкой и увеличением стоимости изготовления из-за усложнения сборочных приспособлений и оснастки [1, 4].

Исходя из указанных причин, ЦАГИ проводит исследования с целью оценки возможности полного или частичного уменьшения начальной отрицательной крутки крыла за счет расположения элементов внутреннего силового набора конструкции, или так называемой управляющей конструкции (УК). В этом случае при изгибе крыла происходит перераспределение нагрузки и создается дополнительный крутящий момент, обратный по знаку основному. Были исследованы четыре варианта крыла с УК, имеющие одинаковые форму в плане и аэродинамические обводы, и определены их основные характеристики. Исследуемые варианты сравнивались с исходным крылом, имеющим обычную конструкцию и отрицательную крутку передней хромки, по таким параметрам, как угол закрутки, прогиб, аэродинамическое качество, масса, стоимость и динамические характеристики. Проведенные исследования показали, что при применении УК в крыле могут быть улучшены аэродинамические и жесткостные характеристики при сохранении или незначительном ухудшении остальных параметров [2].

Основные положения. В большинстве крыльев нормальной конструкции продольные элементы (лонжероны, стрингеры) внутреннего набора обычно ориентированы параллельно оси жесткости, и они практически полностью воспринимают изгибающий момент. В этом случае крутка крыла в основном определяется положением центра давления воздушной нагрузки, относительной жесткостью переднего и заднего лонжеронов и углом стреловидности крыла. Следовательно, проблема закрутки крыла под действием воздушной нагрузки является определимой задачей и может быть частично решена за счет повышения жесткости конструкции, что приведет к увеличению массы, или за счет придания крылу начальной отрицательной крутки, которая приведет к снижению эффективности на крейсерском режиме [3].

Сущность УК заключается в том, что продольные элементы внутреннего набора кессона крыла (лонжероны, стрингеры) располагаются под некоторым углом к оси жесткости крыла и при изгибе крыла в обшивке возникают дополнительные касательные усилия, при этом величина касательных условий будет

прямо пропорциональна изгибающему моменту и углу между продольными элементами и осью жесткости. В общем случае продольные элементы УК имеют гораздо меньший угол стреловидности по сравнению с аналогичными элементами обычного крыла под действием положительной воздушной нагрузки возникающие касательные усилия будут закручивать крыло передней кромкой вниз. В схему распределения нагрузки по элементам УК при изгибе включают ось приложения нагрузки, угол ориентации предельных элементов конструкции, усилия в продольных элементах при изгибе крыла, прикладываемую нагрузку при изгибе крыла (по верхней обшивке), ось симметрии, возникающие касательные усилия в обшивке сдвигающие верхнюю обшивку вперед, возникающие касательные усилия в нижней обшивке сдвигающие обшивку назад, при совместном действии этих усилий происходит закрутка кессона. Наводимые касательные усилия должны рассматриваться при известном вычисленном положении оси жесткости. Следовательно, для того чтобы крыло закручивалось передней кромкой вниз, ось жесткости и мнимый центр вращения должны быть сдвинуты вперед, что и получается при использовании УК.

Для проведения исследований по оценке влияния расположения элементов внутреннего набора на закрутку было выбрано крыло перспективного самолета-истребителя, имеющее следующие геометрические характеристики:

- угол стреловидности по передней кромке □□= 35^0;
- удлинение $\lambda = 3,8$;
- площадь $S = 27,405$ м^2;
- размах – 10,182 м;
- относительная толщина профиля – 0,05 в корневой части и 0,04 в концевой.

Такое крыло было выбрано из-за высоких изгибающих нагрузок (максимальный коэффициент эксплуатационной перегрузки 7,5g), достаточно большой стреловидности и приемлемой начальной крутки.

Оценка исследуемых вариантов конструкции крыла проводилась с использованием программы расчета методом конечных элементов, при этом после второго цикла определяемые размеры элементов конструкции крыла оказывались практически близкими к рациональным. Значения допускаемых напряжений и минимальных толщин, применяемые при оптимизации конструкции, приведены в таблице 1. Следует заметить, что для исходного варианта крыла и вариантов крыла с УК рассматривались соответственно разные условия нагружения: в первом случае учитывалась начальная крутка крыла, а во втором случае крыло рассматривалось плоским.

Разработка концепций (вариантов). Каждая концепция УК, разработанная для анализа и сравнения с исходным вариантом, выбиралось из условия охвата широкого диапазона вариации в компоновке внутреннего силового набора, или как особый вариант, который показал большие преимущества с точки зрения поведения конструкции при изгибе. Во всех рассматриваемых вариантах конструкции крыла сохранялись неизменными положения центральной и бортовой нервюр, углы стреловидности и положение переднего и заднего лонжеронов, а

также методы передачи нагрузки с крыла на фюзеляж. Лонжероны расположены практически параллельно оси жесткости крыла и их положение по размаху сохраняется постоянным относительно хорд. Крутка передней кромки меняется от 0° в корневом сечении до 6,5° в концевом сечении, при этом крутка носка начинается с линии 1/2 хорд.

Таблица 1– Значения допускаемых напряжений и минимальных толщин

Характеристики	Обшивка	Стрингеры	Лонжероны	
			Полки	Стенки
Допустимые напряжения, МПа				
при растяжении	207	207	207	-
при сжатии	207	207	207	-
при сдвиге	161	-	-	184
Модуль упругости, ГПа	71	72	72	71
Минимальная толщина, мм	1,27	-	-	0,635
Минимальная площадь поперечного сечения, мм^2	-	48,4	48,4	-

В первом варианте, лонжероны параллельны между собой и ориентированы под прямым углом к оси симметрии самолета. Для исключения обшей потери устойчивости, обшивка выполнена в виде монолитных панелей интегрально с продольными ребрами жесткости. В третьем варианте, угол ориентации лонжеронов и продольных ребер жесткости обшивки меняется от 90° в зоне носка корневой части до 45° в концевой части. Такое положение элементов продольного набора было выбрано с целью исследования влияния угла ориентации на крутку крыла.

На основании полученных предварительных результатов оценки был сформирован второй вариант, разработанный на базе первого варианта. Основное различие с первым вариантом заключается в том, что угол ориентации продольных элементов внутреннего набора во втором варианте изменен на 10^0, в зависимости от модификации назад или вперед.

Для проведения исследований и сравнения с исходным вариантом крыла был выбран второй вариант крыла с УК, где угол ориентации продольных элементов внутреннего набора изменен на 10^0 вперед.

Экономическая оценка исследуемых вариантов конструкции крыла проводилась для кессона и учитывала такие основные показатели, как стоимость оснастки и инструмента, профилирование обшивки, число и тип соединений, сложность изготовления. Для сравнения стоимостные показатели исходного варианта крыла приняты за единицу. Результаты экономической оценки приведены в таблице 2, из которой видно, что стоимость крыла с УК практически одинакова со стоимостью исходного варианта, если используется профилированная обшивка, а в случае применения плоской обшивки, что неприемлемо для исходного варианта из-за требований начальной крутки крыла, стоимость варианта крыла с УК будет меньше, чем стоимость исходного варианта. В скобках указан процент общих периодических издержек.

Таблица 2 – Результаты экономической оценки

Элементы стоимости	Кессон исходного варианта с начальной круткой	Кессон варианта с УК №2 с профилированной обшивкой	Кессон варианта с УК №2 с плоской обшивкой
Обшивка	1	1,35 (30%)	1,33 (30%)
Лонжероны	1	0,77 (40%)	0,71 (42%)
Нервюры	1	0,65 (12%)	0,65 (13%)
Сборка	1	0,73 (18%)	0,73 (15%)
Общая стоимость (только периодическая издержка)	1	0,92	0,89
Общая стоимость	1	1,02	0,93

Выводы. Проведенные аналитические исследования различных вариантов конструкции крыла показали:

- варианты с УК обеспечивают закрутку крыла в полете в требуемом направлении передней кромки вниз при положительной нагрузки и передней кромки вверх при отрицательной нагрузке;
- величина закрутки крыла в полете есть функция компоновки внутреннего силового набора;
- варианты крыла с УК имеют меньшее лобовое сопротивление по сравнению с исходным вариантом;
- стоимостные характеристики варианта крыла с УК аналогичны соответствующим характеристикам обычного крыла;
- максимальные преимущества вариантов крыла с УК будут получены при оценке всего самолета в целом, т.е. при учете триммерных условий, балансировочного сопротивления, возможной перегрузки, снижения расхода топлива и т.д.

Список литературы

1. Арепьев, А.Н. Концептуальное проектирование магистральных пассажирских самолетов. Компоновка и летные характеристики: учеб. пособие / А.Н. Арепьев. – М.: МАИ, 1999. – 88 с.

2. 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., ил.

3. Горбунов, А.А. Аэродинамика управляющих поверхностей летательного аппарата: учеб. пособие / А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев. – Оренбург: ОГУ, 2018.

4. Проектирование конструкций самолетов: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение» / Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. –416 с.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРИСВОЕНИЯ ПРИОРИТЕТА ЗАЯВКАМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Мишин А.А., Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Одной из основных проблем при сопровождении программного обеспечения является проблема последовательности решения заявок, которая приводит к уменьшению надежности программного обеспечения.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения [1].

Главным критерием программы должно быть ее качество, которое трактуется как отсутствие в ней недостатков, а также сбоев и явных ошибок, из чего следует необходимость повышения надежности функционирования программного обеспечения.

Для того чтобы разбирать все поступающие заявки, присваивать им приоритет и вносить в список можно применить нейронную сеть, которая снимет часть обязанностей со специалистов по сопровождению и облегчит их работу.

Нейронная сеть будет применяться для распознания, анализа данных и прогнозирования. Она должно обрабатывать поступающие данные и по полученной информации строить и дополнять список последовательности решения заявок. Чтобы прописать эти действия для нейронной сети необходимо рассмотреть, какие действия выполняет специалист сопровождения.

Специалист сопровождения принимает заявку, изучает описание проблемы и на основе этого принимает решение, когда и после каких заявок он примется за выполнение этой заявки. Рассмотрим этот процесс в представлении функциональной модели IDEF0.

Нотация IDEF0 позволяет рассматривать системы (процессы) как набор взаимосвязанных действий (функций), с последующей их детализацией. Такое изображение процессов позволяет последовательно выявлять детали исследуемого объекта, обеспечивая при этом интуитивное понимание показанного на диаграмме и полноту приведенной существенной информации, относящейся к предметной области [2].

Основная цель нейронной сети – присвоить приоритет заявке. В нейронную сеть поступает описание проблемы и идентификатор, которые вносит специалист. Управление представлено ГОСТ Р ИСО/МЭК 14764–2002 Информационная технология (ИТ). Сопровождение программных средств. Выходом процесса служит сформированная заявка с присвоенным приоритетом, что показано на рисунке 1. Механизмами исполнения являются специалист и техническое обеспечение (ТО), которое используется для всего процесса.

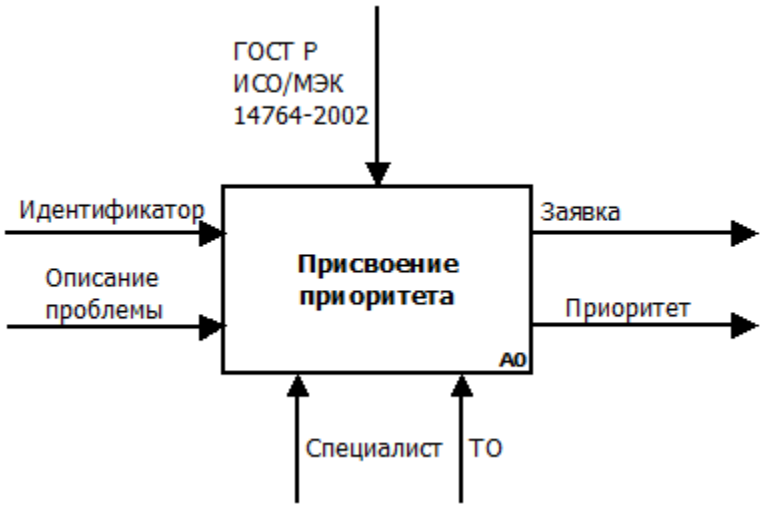


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма IDEF0 процесса присвоения приоритета

Далее произведена декомпозиция родительской диаграммы, что показано на рисунке 2.

При помощи SADT–моделирования выделены следующие виды деятельности нейронной сети:

- разбор заявки;
- присвоение весов;
- подсчет весов.

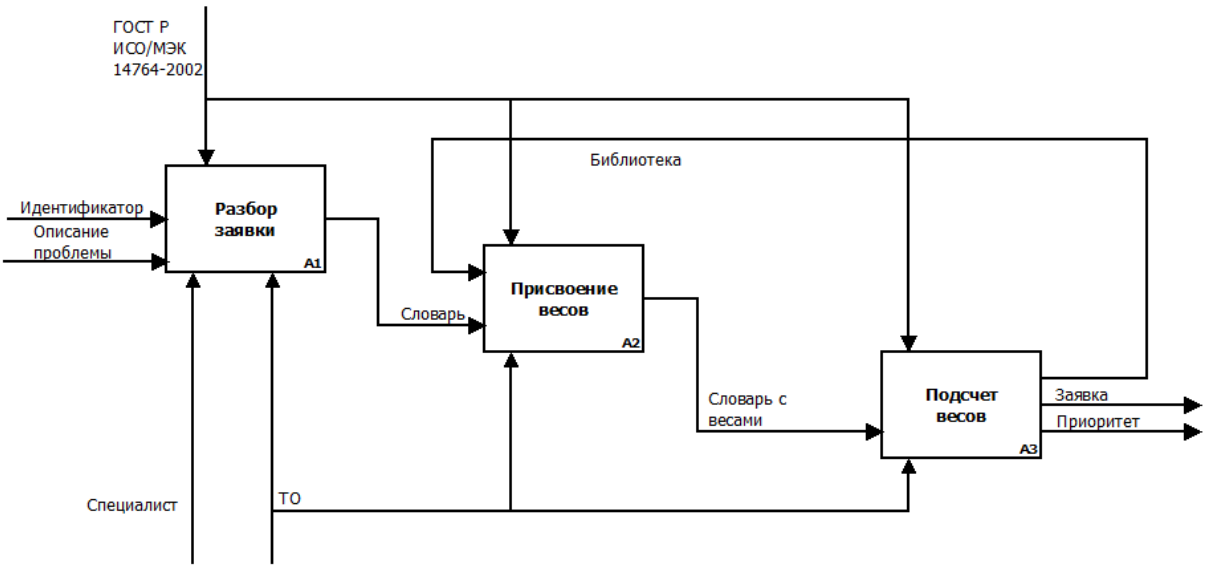


Рисунок 2 – Декомпозиция контекстной диаграммы IDEF0 первого уровня процесса присвоения приоритета

На вход в блок «Разбор заявки» подаются идентификатор проблемы и её описание. Информация по заявке структурируется, разбивается по лексикографическому принципу и анализируется.

Выходом является словарь, который образовался, когда описание разобрали на слова с помощью библиотеки.

Управление обеспечивает контроль процесса работы с заявкой в соответствии с объявленным ранее ГОСТом.

Механизмы «Специалист» и «ТО» участвуют в функции «Разбор заявки».

На вход в блок «Присвоение весов» подаются словарь и библиотека. Он обрабатывает эту информацию, присваивая определенной вес каждому компоненту словаря. Выходом является словарь с весами, которые взяты из библиотеки.

Управление и механизмы используются те же, что и у предыдущего блока.

На вход блока «Подсчет весов» подается словарь с весами, которые суммируются по каждой формируемой заявке, в результате на выходе представлены полученная заявка с присвоенным на основании содержания приоритетом.

Приоритет заявки демонстрирует нынешнее положение заявки в списке заявок, которые необходимо выполнить.

ГОСТ по информационной технологии тоже входит в управление блоком, а в механизмы – специалист и ТО.

Дальнейшая декомпозиция производится через блок «Разбор заявки», что показано на рисунке 3.

В блоке «Разбор заявки» выделены следующие подфункции:

- разбиение на слова;
- унификация;
- составление словаря.

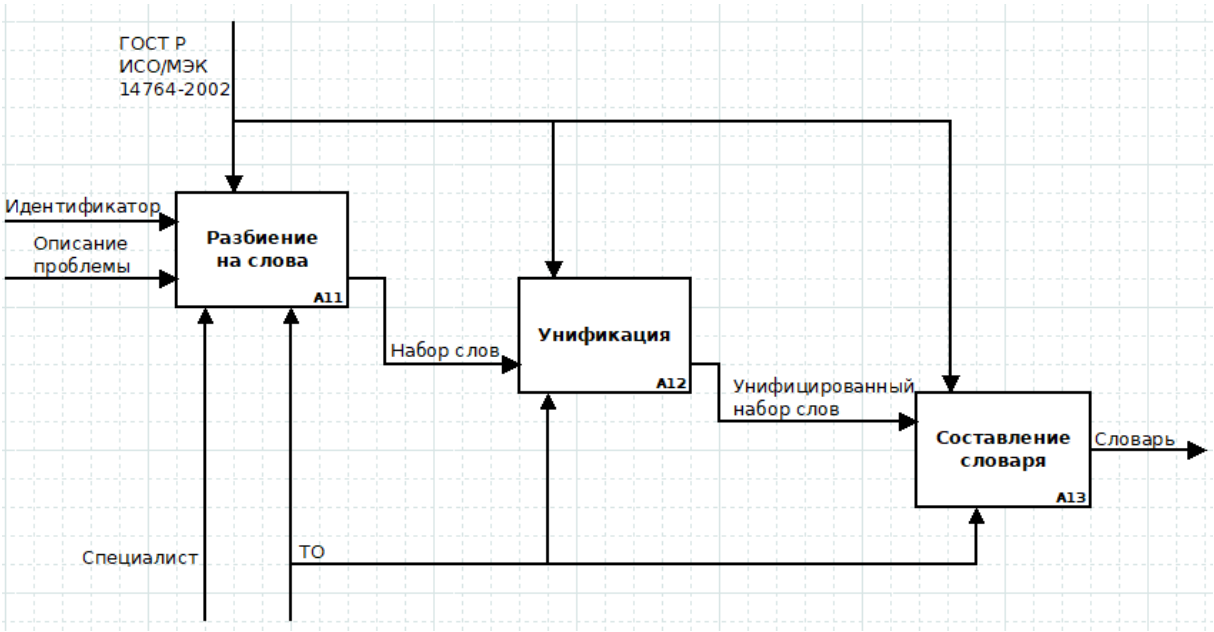


Рисунок 3 – Декомпозиция функционального блока «Разбор заявки»

Входной информацией для блока «Разбиение на слова» являются идентификатор проблемы и её описание. Проблема структурируется и лексически

декомпозируется, по отдельным словам, после чего на выход поступает набор слов, получившийся после разбиения по методике униграмма.

Механизмы и управление совпадают с предыдущими блоками.

Блок «Унификация» воспринимает набор слов и производит процесс унификации с помощью алгоритма «Стеммер Портера», выдавая на выход унифицированный набор слов.

Управление и механизмы, участвующие в этом блоке, все те же.

Далее унифицированный набор слов поступает на блок «Составление словаря», который формирует из него словарь и передает его на выход.

В управление входит ГОСТ по информационной технологии, в механизмы входит ТО.

Дальнейшая декомпозиция касается второго блока на рисунке 2 блока «Подсчет весов». Результат декомпозиции представлен на рисунке 4, и в этом процессе выделены следующие функции:

– подсчет общего веса;
– сверка со списком заявок;
– установка приоритета.

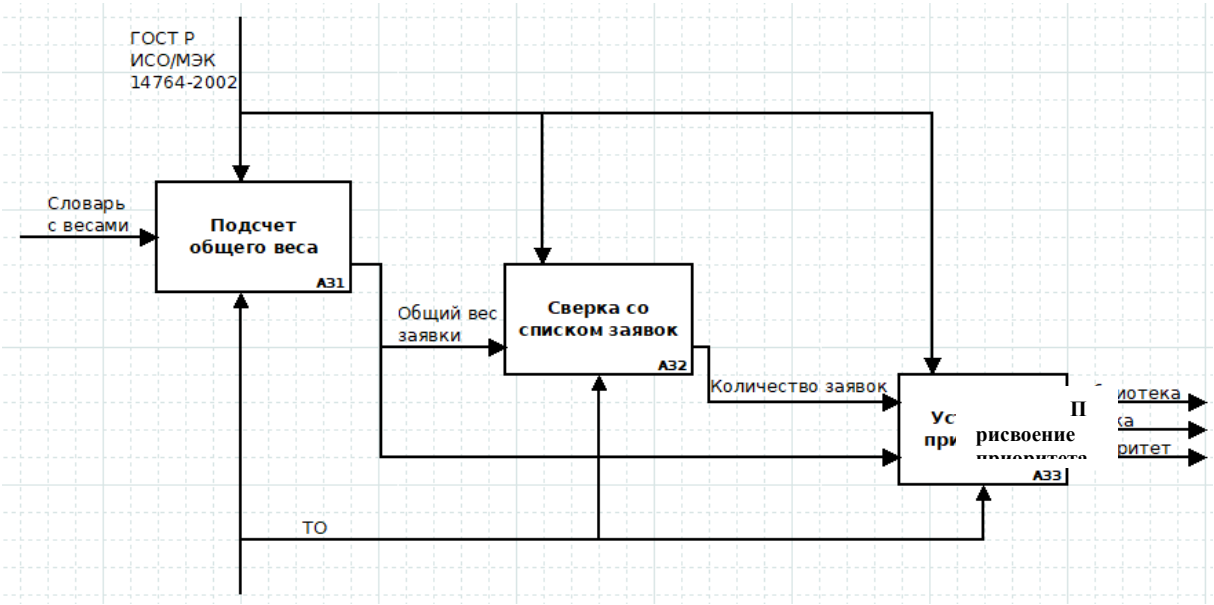


Рисунок 4 – Декомпозиция функционального блока «Подсчет весов»

На первый выделенный блок «Подсчет общего веса» подается словарь с весами. В данном блоке суммируются все веса, присвоенные словам, встречающимся в заявке. Выходом является общий подсчитанный вес каждой заявки.

Управление и механизмы здесь и далее перекликаются с другими блоками.

Суммированные веса заявок служат входной информацией для блока «Сверка со списком заявок». Здесь заявки группируются и суммируются с получением общего веса, и в таком виде поступают на вход блока «Присвоение приоритета».

В блоке «Присвоение приоритета» на основе информации о количестве и общем весе заявки ей назначается соответствующий приоритет.

Выходная информация представляет собой библиотеку, куда занесены назначенные веса для слов, сформированная заявка и её приоритет.

Приоритет заявки описывает нынешнее положение заявки в списке заявок, которые необходимо обработать.

Разработанная функциональная модель служит базовой основой для функционирования нейронной сети, присваивающей приоритет заявкам.

Нейронная сеть самостоятельно разбирает описание проблемы, сравнивает со списком заявок, которые стоят в очереди, и на основе этих данных присваивает приоритет. Использование подобного механизма позволит рассортировать и упорядочить список заявок, что повысит эффективность их обслуживания в процессе сопровождения программного обеспечения.

Список литературы

1 ГОСТ 27.002-8 Надежность в техник (ССНТ). Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1990–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 24с.

2 Майерс Г. Надежность программного обеспечения: Пер. с англ. / Под ред. В.Ш. Кауфмана. – М.: Мир, 1980. – 359с.

3 Андон, Ф.И. Основы инженерии качества программных систем / Ф.И. Андон, Г.И. Коваль, Т.М. Коротун, Е.М. Лаврищева, В.Ю. Суслов. 2–е изд., перераб. и доп. – К.: Академпериодика, 2007. – 672 с.

МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

Назаров А.Ю., Езерская Е.М. канд.пед.наук, Карамсаков А.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Композиционные материалы (композиты) – это искусственно созданные материалы, состоящие из двух или более неоднородных и нерастворимых друг в друге компонентов соединённых между собой физико-химическими связями.

Для эффективности композита заранее определяется состав и форма компонентов, а также технология их совмещения. Для обеспечения заданных свойств материала компоненты используются в определенных количествах. Композит в макромасштабе является однородным, однако в микросмасштабе между компонентами видна четкая граница раздела. Составные части композита: высокопрочный наполнитель (ориентированный в определенном направлении) и матрица.

В авиастроении композиционные материалы применяются для решения несколько задач, таких как снижение общего веса летательного аппарата, при сохранении заданной прочности и жесткости и как следствие всего – экономия топлива [1].

Направленность и неоднородность – основные особенности композитов, позволяющие оптимизировать материал-конструкцию на структурном уровне.

Однако встает вопрос о выборе технологии производства, так как не все компоненты могут перерабатываться по одному методу и при этом сохранять определенный набор качеств и характеристик.

Остановимся на методах изготовления изделий для летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Большинство существующих методов создания изделий из ПКМ можно разделить на препреговые (обязательный первый этап создания заготовки - препрега) и безпрепреговые [2]. К препреговым методам создания изделий относятся прессование и автоклавное формование [3]. При безпрепреговом методе все этапы совмещения наполнителя и связующего, формования происходят в один этап. К данному методу можно отнести вакуумную инфузию [4].

Одним из давних, но актуальных и по сей день методов формования остается прессование. При производстве комплектующих летательного аппарата чаще всего применяется метод прямого горячего прессования. Формование изделий из ПКМ осуществляется в гидравлическом вулканизационном прессе, который представлен на рисунке 1.

Рисунок 1– Гидравлический вулканизационный пресс

Технологический процесс завязан на комбинированном применении температуры формования (постоянная температура или ступенчатое её повышение), давления прессования (постоянное давление или периодическое его изменение) и продолжительности экспозиции под давлением. Температура процесса зависит от химической структуры связующего. Температура главным образом определяет на сколько будет пластичен материал. Текучесть материала, степень пропитанности связующим и влажность определяют величину давления в процессе прессования. Время экспозиции будет определяться скоростью отверждения материала, влажности, температуры, размера и толщины изделия, физических свойств материала, а также конструкции пресс-формы.

При помощи данного процесса изготавливаются обшивка хвостовых отсеков лопастей несущих винтов вертолетов, а также радиопрозрачные обтекатели различных летательных аппаратов.

С экономической точки зрения метод прессования определен низкой ценой оборудования, наименьшим числом требуемых инструментов и расходников. Ограниченность применения метода прессования связана с небольшой производительностью, ограниченным ассортиментом из-за невозможности изготовления изделий с многопрофильной поверхностью.

Для получения изделий с многопрофильной поверхностью, обладающие высокими физико-механическими характеристиками, высокой точностью линейных размеров применяется метод автоклавного формования [5]. Однако линейные размеры конечного продукта ограничиваются рабочим объемом автоклава, представленным на рисунке 2.

Рисунок 2 – Автоклав для формования изделий

В технологическом процессе используется сочетанное применение давления и температуры формования.

Одним из известных примеров применения автоклавного формования является изготовление элементов механизации крыла самолета МС-21.

К положительным сторонам метода можно отнести то, что изготавливаемые таким образом изделия обладают более стабильными физико-механическими свойствами по всему объему. Однако ограничение применения метода обусловлено большими энергозатратами, дороговизной оборудования, значительным количеством расходников, а также дефицитом высококвалифицированных работников.

Одним из ключевых безпреговых методов формования изделий из ПКМ является вакуумная инфузия.

Благодаря отсутствию затрат на дорогое автоклавное оборудование и прессование, а также простому управлению, значительно возрастает производительность процесса. Высокое качество изделий обусловлено равномерным распределением связующего в объеме материала, а также меньшей пористостью материала. Однако выбор данного метода ограничен неточностью повторения габаритных размеров и физико-механических характеристик.

На рисунке 3 представлена схема технологического процесса вакуумной инфузии [6].

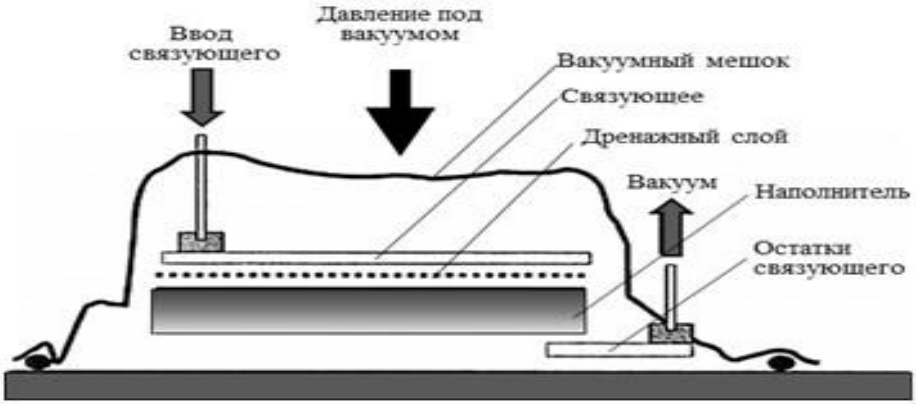


Рисунок 3 – Схема технологического процесса вакуумной инфузии

В основе технологического процесса лежат температура и продолжительность пропитки. Величина температуры метода определяется свойствами связующего, время экспозиции определяется физико-химическими характеристиками используемых материалов.

Порядок наслоения компонентов в формовочном пакете можно отразить в виде схемы на рисунке 4.

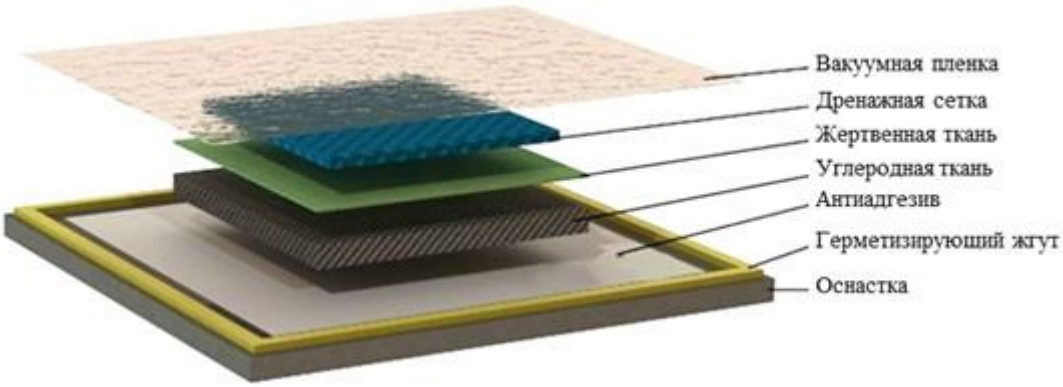


Рисунок 4 – Схема наслоения компонентов перед формованием путем вакуумной инфузии

Вакуумная инфузия используется при изготовлении крупногабаритных деталей, например, «черного» крыла для самолета МС-21 с использованием полупроницаемой мембраны. Качество готового изделия улучшается за счет более качественной пропитки связующим и за счет создания равномерно распределенного давления. Суть процесса вакуумной инфузии с применением полупроницаемой мембраны можно отобразить в виде макета на рисунке 5.

Рисунок 5 – Макет наслоения компонентов с применением полупрозрачной мембраны

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что не существуют универсальных методов создания изделий из ПКМ. Подбор оптимального метода формования изделий из ПКМ будет зависеть от заданных качеств и характеристик к конечному продукту, а также от наличия исходных ресурсов.

Список литературы

1. Макеев, Д. А. Применение композитных материалов в авиастроении / Д.А. Макеев, В.И. Келарев // Достижения науки и образования. 2020. №17 (71). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-kompozitnyh-materialov-v-aviastroenii (дата обращения: 08.01.2022).

2. Коган, Д.И. Технология изготовления полимерных композиционных материалов способом пропитки пленочными связующими: дис. … канд. техн. наук. М.: ВИАМ, 2011. – 139 с.

3. Каллистер У. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) / У. Каллистер, Д. Ритвич. СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 896 с.

4. Балакирев, В.С. Автоматизированные производства изделий из композиционных материалов / В.С. Балакирев, А.В. Заев, А.А. Большаков и др. М.: Химия, 1990. – 240 с.

5. Душин, М.И. Выбор технологических параметров автоклавного формования деталей из полимерных композиционных материалов / М.И. Душин, А.В. Хрульков, Р.Р. Мухаметов // Авиационные материалы и технологии. 2011. – №3. – С. 20-26.

6. Душин, М.И. Особенности изготовления изделий из ПКМ методом пропитки под давлением / М.И. Душин, А.В. Хрульков, Р.Р. Мухаметов и др. // Авиационные материалы и технологии. 2012. – №1. – С. 18-26.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Нестеренко Р.А., Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Магдин А.Г., канд. техн. наук, Кудрявцев Д.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

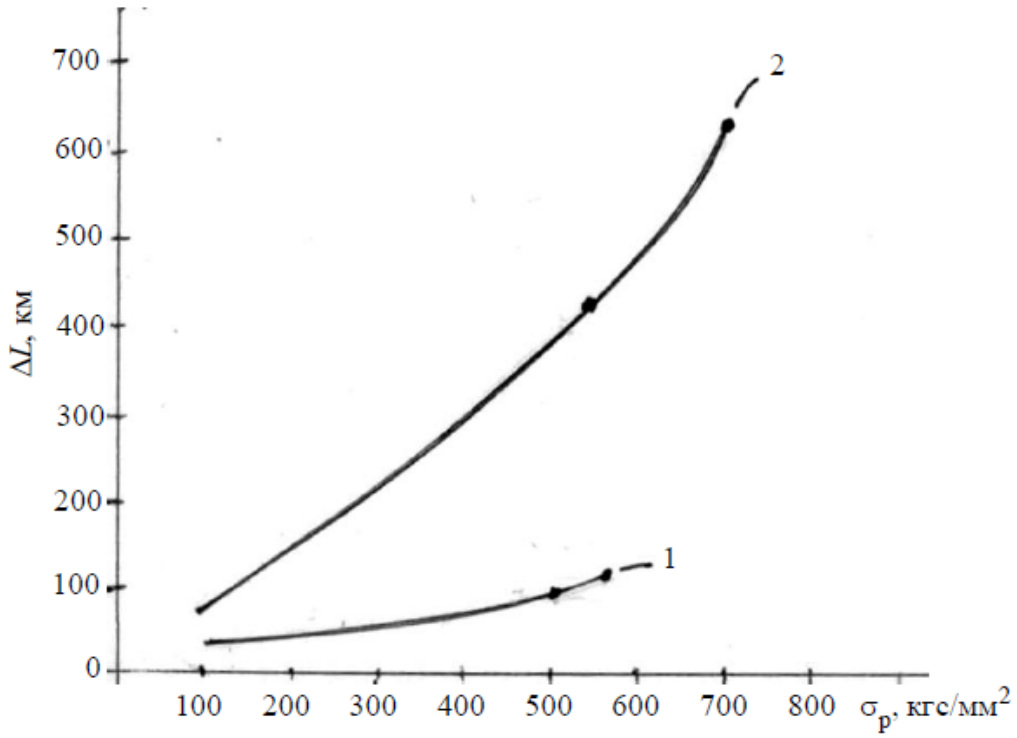
Целью доклада является сбор, систематизирование и анализ данных о новейших композиционных материалах зарубежного и российского производства, которые применяются при изготовлении силовых элементов конструкции летательных аппаратов (ЛА). Применение композитов при изготовлении элементов ЛА, воспринимающих нагрузку, обусловлено их высокой прочностью и низкой плотностью в сравнении с конструкционными сталями.

Применение современных конструкционных материалов – наиболее надежный способ снижения массы конструкции ЛА при сохранении или увеличении прочностных характеристик. Благодаря более низкой плотности и высокой удельной прочности таких материалов, конструкция летательного аппарата может стать легче на 15-20 %. Такой существенный выигрыш в массе позволяет уменьшить расход топлива в полете, а также увеличить массу полезной нагрузки, переносимой летательным аппаратом, увеличив тем самым экономическую эффективность ЛА.

Анизотропность композиционных материалов, заключающаяся в том, что в поперечном и продольном направлении материал имеет различные свойства, играет ключевую роль при изготовлении элементов конструкции летательных аппаратов. Если силовой элемент ЛА, например, стрингер, лонжерон или обшивка, воспринимают большую часть нагрузок в одном направлении и работают, например, на растяжение, то нет необходимости располагать армирующие волокна в композитном материале в нескольких направлениях. Будет достаточно лишь продольного, а в поперечном направлении армирующих волокон не будет, что никак не повлияет на прочностные характеристики, но поможет существенно снизить массу детали [1, 2]. Кроме того, применение композитов увеличивает жизненный цикл изделия практически в 2 раза [3].

Органопластики успешно применяются при изготовлении обшивки ракет, что позволяет снизить ее массу, увеличив тем самым ее дальность действия [4] – график зависимости представлен на рисунке 1. Эффективность применения органопластиков обусловлена их высокими прочностными и массовыми характеристиками, которые значительно превосходят показатели конструкционных сталей. Преимущество органопластиков заключается еще и в том, что на изготовление и обработку деталей из этого композиционного материала уходит меньше времени – значительно снижаются трудозатраты на производство детали.

Несмотря на то, что совершенствование характеристик алюминиевых сплавов продолжается и по сей день за счет добавления различных легирующих элементов, например, лития, который повышает коррозионную стойкость сплава и делает его легче [5, 6], композиты остаются более предпочтительными материалами благодаря высокой ударной вязкости, а также устойчивости к тепловому удару, что позволяет сохранить высокие показатели прочностных характеристик при интенсивных тепловых нагрузках. Механические и массовые показатели композитов превосходят показатели современных и традиционных конструкционных материалов (таблица 1).



1 – органопластик; 2 – углепластик

Рисунок 1 – Прирост дальности действия ракеты, изготовленной с применением перспективных композиционных материалов

Еще одним перспективным композиционным материалом является углепластик, производящийся на основе клеевых препрегов углеволокно пропитывают клеевым наполнителем. Предполагается, что значительное повышение доли использования углепластика при изготовлении фюзеляжа ЛА приведет к снижению массы фюзеляжа примерно на 30 % и стоимости его производства на 40 % [7]. Углеродные волокна выделяются высокими характеристиками усталостной и удельной прочности на растяжение и сжатие. Существуют примеры самолетов, на которых используется обшивка, изготовленная из углепластика – Starship от Beechcraft, или легкий самолет Premier от Raytheon Aircraft, снижение массы фюзеляжей этих самолетов за счет применения углепластика оценивается в 18 и 20 процентов соответственно.

Стеклопластики, обладая низкой плотностью (от 1,4 до 2,1 г/см^3) сохраняют высокую удельную прочность и имеют несколько других важных преимуществ:

– низкая теплопроводность;

– отсутствует токсичность, присущая многим композиционным материалам;

– устойчивость к коррозии и атмосферному влиянию;

– высокие эксплуатационные свойства.

Таблица 1 – Физико-механические параметры материала

Марка сплава	Предел прочности при растяжении $\sigma_В$, МПа	Предел текучести $\sigma_Т$, МПа	Модуль Юнга Е, ГПа	Плотность ρ, г/см^3
Современные алюминиевые сплавы	510…530	430…485	78	2,63
Органопластики	650…790	-	55…85	1,1…1,35
Углепластики	780	-	120…220	1,1…2
Д16-Т	420…480	250…350	70	2,8
Стеклопластики	226,9		22	1,4…2,1

Перечисленные преимущества композиционных материалов, а также их физико-механические характеристики, представленные в таблице 1, позволяют сделать вывод о том, что высокая востребованность таких материалов полностью обоснована их свойствами.

Композиты по параметрам прочности и плотности превосходят один из наиболее легких и востребованных алюминиевых сплавов Д16-Т. Органо- и углепластики более чем в два раза легче традиционного дюралюминия и алюминиевых сплавов нового поколения, не уступая при этом им в прочности.

Помимо прочности, композиты также обладают и другими преимуществами, например, радиопрозрачностью. Металлические сплавы нельзя использовать для производства обтекателей ЛА, но благодаря радиопрозрачности и низкому значению диэлектрических потерь, для изготовления обтекателей можно использовать композиты с неметаллическими армирующими волокнами.

Среди перечисленных композиционных материалов наиболее высокие характеристики имеют углепластики, которые по модулю Юнга превосходят органопластики.

Список литературы

1. Дырдина, Е. В. Композиционные материалы и преимущества их применения в авиационной и ракетно-космической промышленности / Е. В. Дырдина, И. И. Мосалева // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2015. – № 1 (1). – С. 123-127.

2. Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2010. – 822 с. – ISBN 978-5-91703-003-6.

3. Смотрова, С. А. Полимерные композиционные материалы на основе высокопрочных и высокомодульных волокон для высоконагруженных конструкций летательных аппаратов / С. А. Смотрова, А. В. Смотров, И. Д. Симонов-Емельянов // Конструкции из композиционных материалов. – 2016. – № 1 (141). – С. 41-50.

4. Зорин, В. А. Опыт применения композиционных материалов в изделиях авиационной и ракетно-космической техники (Обзор) / В. А. Зорин // Конструкции из композиционных материалов. – 2011. – № 4. – С. 44-59.

5. Pacchione, M.; Telgkamp, J. Challenges of the Metallic Fuselage. In Proceedings of the 25th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS-Secretariat), Hamburg, Germany, 3-8 September 2006; pp. 2110-2121.

6. Dorin, Thomas, Vahid, Alireza and Lamb, Justin 2018, Aluminium lithium alloys. In Lumley, Roger N (ed), Fundamentals of aluminium metallurgy: recent advances, Woodhead Publishing, Duxford, Eng., pp. 387-438, doi:10.1016/B978-0-08-102063-0.00011-4.

7. Kolesnikov, Boris and Herbeck, Lars (2004) Carbon Fiber Composite Airplane Fuselage: Concept and Analysis. In: Merging the Efforts: Russia in European Research Programs on Aeronautics (CD) (Section II), pp. 1-11. Merging the Efforts: Russia in European Research Programs on Aeronautics, 2004-05-11-12, Berlin, Germany.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Панарина О.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Сегодня мы не можем представить мир без цифровых технологий, которые стремительно совершенству, значительно изменили и изменяют нашу жизнь. Однако огромный потенциал, который скрывается за такой цифровой технологией как аддитивный производственный процесс, по-прежнему не оценивается должным образом большей частью промышленности. Технологии аддитивного производства (АТ) являются будущей технологией в рамках промышленной революции «Индустрия 4.0», с помощью которой возможно создание сетей и оцифровка процессов разработки и производства.

Как технология, аддитивное производство не является чем-то новым. Более 25 лет назад компании (особенно в автомобильной промышленности и авиастроении), начали производить отдельные компоненты с нуля через многослойную структуру материала, а не более традиционным путем литья, ковки и последующей обработки, такой как токарная обработка, фрезерование, шлифование и т.д. АТ-технологии включают в себя следующие операции [1]:

С помощью автоматизированного проектирования (CAD) или сканеров 3D-объектов аддитивное производство может создавать объекты с точными геометрическими фигурами. Они строятся слой за слоем, что контрастирует с традиционным производством, которое часто требует механической обработки или других методов удаления лишнего материала.

Технология аддитивного производства имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями. Аддитивное производство позволяет производить детали со сложной геометрией и низким уровнем брака. Цифровой процесс идеально подходит для быстрого прототипирования, потому что он позволяет быстро и эффективно вносить изменения в конструкцию во время производства. Поскольку материал не тратится впустую, материальные затраты и сроки выполнения высококачественных деталей сокращаются.

Кроме того, детали, которые ранее приходилось собирать из нескольких деталей, могут быть изготовлены как единый объект, что приводит к повышению прочности и долговечности. Аддитивное производство также может использоваться для производства отдельных деталей или запасных частей, в которых оригинальные детали больше не производятся.

Еще одно важное достоинства аддитивных технологий, о котором необходимо упомянуть, это то, что АТ-производство более экологичное по сравнению с обычными методами производства.

Также 3D-технология позволяет производить обратную разработку, т. е. при помощи 3D-сканера можно отсканировать деталь и получить ее цифровую

модель, которая дает точную информацию о детали, и в случае необходимости позволяет доработать ее.

Вследствие всего вышесказанного появляется острая необходимость внедрения этой перспективной технологии на производстве все большего количества предприятий России, как государственного, так и частного сектора.

Самой главной проблемой внедрения технологий являются кадры. Поэтому вопрос подготовки профессиональных специалистов в сфере аддитивного производства является острым и актуальным.

Одной из немаловажных проблем внедрения аддитивных технологий в России является производство 3D-оборудования, изготовление материалов необходимых для трехмерной печати. На данный момент ученые России вынуждены большую часть товаров и оборудования для аддитивных технологий закупать за рубежом, преимущественно в Германии и Англии (например, это компании Arcam (Англия), Envisiontec GmbH (Германия) и EOS GmbH Electro Optical Systems (Германия)). Но аддитивные технологии требуют разработки не только материалов нового поколения, но и всей нормативной документации, а также методов контроля. Традиционными методами контроля качества детали, которые сейчас есть в промышленности, невозможно проконтролировать деталь, изготовленную по аддитивным технологиям.

Несмотря на недостатки, а сегодняшний день АТ являются наиболее эффективным способом производства сложных по геометрической форме и структуре изделий из металлических порошков по 3D-модели, созданной в CAD-системе. Этот процесс заключается в последовательном послойном расплавлении порошкового материала посредством мощного лазерного излучения в отличие от классических методов, ориентированных на удаление материала из массива заготовки, что приводит к увеличению производительности в 20-30 раз.

Технологии аддитивного производства можно примерно разделить на три типа:

Первый из них – спекание, при котором материал нагревается без сжижения для создания сложных объектов с высоким разрешением. Прямое лазерное спекание металла использует металлический порошок, в то время как селективное лазерное спекание использует лазер на термопластичные порошки, чтобы частицы слипли.

Второй полностью расплавляет материалы, включая прямое лазерное спекание металлов, в котором металлические порошковые слои плавятся лазером, и плавление электронного пучка, при котором электронные пучки используются для расплавления порошков.

Третье – стереолитография, в которой используется процесс, называемый фотополимеризацией, в котором ультрафиолетовый лазер сжигается в чане из фотополимерной смолы для производства устойчивых к крутящем моменту керамических деталей, которые могут выдерживать экстремальные температуры.

В машиностроительных отраслях наиболее распространенными АТ являются: Селективное лазерное плавление (англ. SLM), Лазерная стереолитография (SLA), Моделирование методом наплавления (FDM) [2].

Технология выборочной лазерной плавки применяется для построения объектов сложной геометрической формы, зачастую с тонкими стенками и полостями. SLM успешно применяется в аэрокосмической отрасли, позволяя создавать высокопрочные элементы конструкций, недосягаемые по геометрической сложности для традиционных механических методов изготовления и обработки (фрезеровки, резки и т.д.). Побочным положительным эффектом служит экономия материалов, ибо SLM в силу своей специфики является практически безотходным производством. Кроме того, детали, на изготовление которых традиционным способом уходят месяцы, данная технология позволяет получить те же детали менее чем за 50 часов.

Компания Relativity Space (США), использующая 3D-принтер Stargate SLM-технологии, производит более 95% компонентов двигателя, притом успешно испытаны более 100 напечатанных двигателей.

Также данную технологию в ракетостроении освоила компания Rocket Lab (Новая Зеландия). Ракета Electron, имеющая 9 двигателей Rutherford (RF-1) (которые, по большей части создаются с помощью 3D-печати: камеры сгорания, инжектора, насосы, топливные клапаны), на первой ступени и 1 двигатель (RF-1V) на второй ступени, уже имеет 6 успешных запусков. Компания заявляет, что на изготовление компонентов для одного двигателя им требуется 24 часа [3].

Российская компания ОАО «НИАТ НТК» используя АТ провела работы по замене топливных форсунок авиационного двигателя из никелевого сплава CL100NB, в результате чего значительно снижен процент брака, а масса уменьшена на 17%.

Специалисты Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) впервые в России изготовили по АТ прототип малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД) для беспилотных летательных аппаратов.

МГТД был изготовлен полностью на базе аддитивного производства ВИАМ по новой технологии послойного лазерного сплавления с использованием металлопорошковых композиций жаропрочного и алюминиевого сплавов, созданными специалистами института.

Эта технология позволяет получить деталь в 30 раз быстрее, чем традиционными способами, толщина стенки камеры сгорания этого двигателя составила 0,3 мм.

Первый успешный опыт внедрения АТ в ВИАМ осуществлен в 2015 г. Тогда впервые в нашей стране был изготовлен из отечественной металлопорошковой композиции завихритель фронтового устройства камеры сгорания перспективного двигателя ПД-14. В настоящее время напечатано более 200 завихрителей [4].

АО «Центр технологической компетенции аддитивных технологий» в г. Воронеж, он же «Центр аддитивных технологий» (ЦАТ) является одной из

крупнейших организаций в стране, использующая оборудование в сфере АТ, которая изготавливает изделия для таких госпредприятий, как «Ростех» и «Росатом» [5].

Таким образом, опираясь на опыт использования АТ в мире, практика производства инструментов показала их существенные преимущества по сравнению с полученными традиционными методами.

В пользу этого говорит и тенденция в усложнении, интеллектуализации и повышении эффективности инструмента и технологической оснастки. Проблемными вопросами являются не только практическое отсутствие отечественного оборудования и металлическихпорошков для 3D-печати, но, главное, подготовка кадров-инструментальщиков всех уровней, владеющих новыми инновационными подходами к проектированию, изготовлению, контролю и эксплуатации инструментов нового типа.

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/.

МЕТОДИКА НАЧАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ В КОМПЛЕКСЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА КОНЦЕПТУАЛЬНОМ УРОВНЕ

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

В современных условиях управление территориально распределенной системой инженерных сетей крупного города невозможно без представления об их пространственной структуре. Технология поддержки бумажных карт и планшетов уже не отвечает требованиям оперативности обработки и обмена информацией. Геоинформационные технологии являются средством, создающим основу для автоматизированного и оперативного управления системами водоснабжения и канализации, а также обеспечения процессов накопления, отображения, обработки, анализа и подготовки тематических карт эксплуатации сетей [1].

Из-за все обновляющихся нормативной базы и цифровизации у ресурсоснабжающих организаций появилась потребность в тотальном и автоматизированном учете и контроле энергоресурсов на всем их пути в реальном времени. Разработка информационно-аналитической системы (ИАС) учета потерь водоснабжения – это трудоемкий и затратный процесс, так как информационная система должна быть достаточно унифицированной, и легко адаптируема к изменению внешних условий, а для этого необходима теоретическая и методическая база, так же инструментальные средства для ее реализации [2-3].

Первоначальный анализ построения ИАС можно провести по влияющим на утечки факторам с помощью причинно-следственной диаграммы Исикавы, позволяющей выделить основные составляющие проблемы (Рисунок 1).

Как видно из диаграммы, наибольшими влияющими факторами являются своевременное определение места утечки и отслеживание состояния запорной арматуры и трубопровода в целом путем профилактических осмотров, осуществляемых квалифицированным персоналом. Эти функции с большей эффективностью может выполнять геоинформационная система, по которой в реальном времени можно будет отслеживать состояние комплекса водоснабжения и своевременно определять места утечек.

Для описания разрабатываемой системы на концептуальном уровне и спецификации внешних требований к системе составляется диаграмма прецедентов или вариантов использования (Рисунок 2).

В качестве внешних сущностей (акторов) на диаграмме выделены инженер, сама ИАС, общая база данных ИАС и ГИС, которая тоже выступает в роли актора.

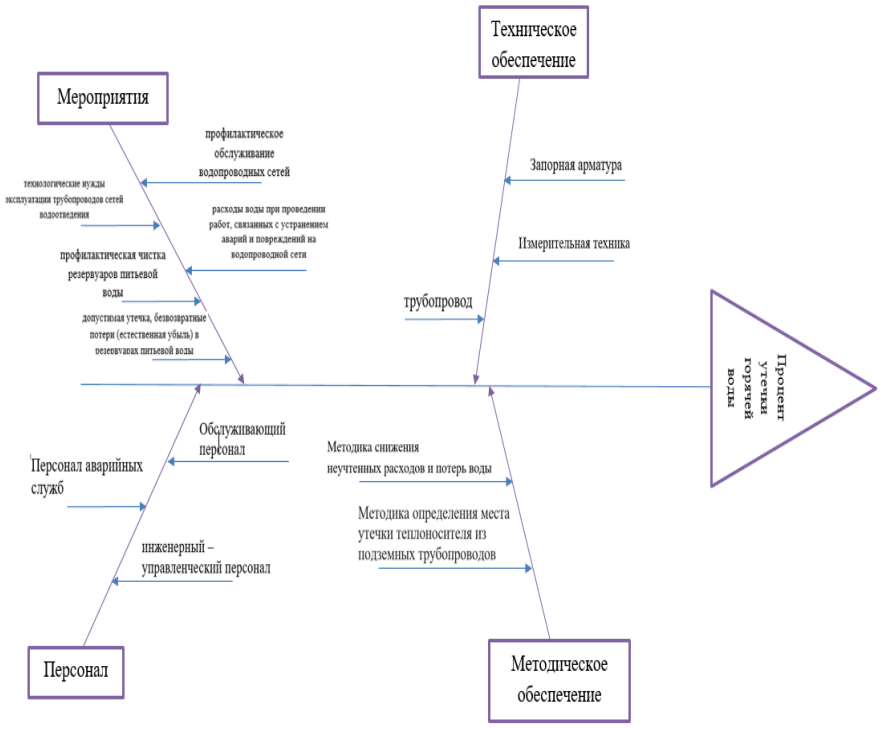


Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма Исикавы для оценки факторов, влияющих на утечки воды

При разработке ИАС необходимо учитывать множество параметров и требований [4]. Она должна быть удобной для пользователей. Взаимодействие сотрудников с системой осуществляется через автоматизированное рабочее место. Каждый пользователь использует систему для решения поставленных задач (Рисунок 2).

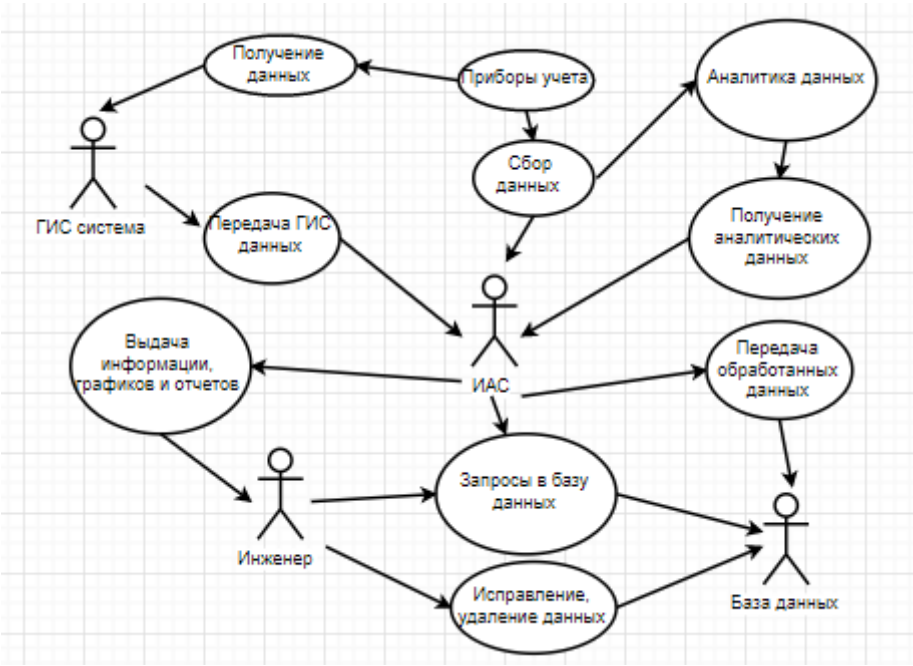


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования системы

Внедрение ИАС, подкрепленной ГИС-технологиями, позволит водоснабжающим организациям решить ряд важных задач:

– создать диспетчерское управление технологическим процессом;

– обеспечить непрерывный контроль в реальном времени параметров системы водоснабжения;

– обеспечить визуальный контроль в реальном времени за состоянием оборудования;

– осуществлять дистанционный сбор данных;

– вести коммерческий учет воды в системах водоснабжения.

Разработка ИАС начинается не только с выделения системы из внешней среды, но также с проектирования ее структуры (Рисунок 3) для наглядного представления элементов системы и их связей между ними. Условно всю структуру системы можно разбить на три уровня:

– нижний, уровень на котором располагаются датчики и исполнительные механизмы;

– средний, это система передачи данных с нижнего уровня на верхний;

– верхний уровень, на котором расположены АРМы, позволяющие пользователям взаимодействовать с системой.

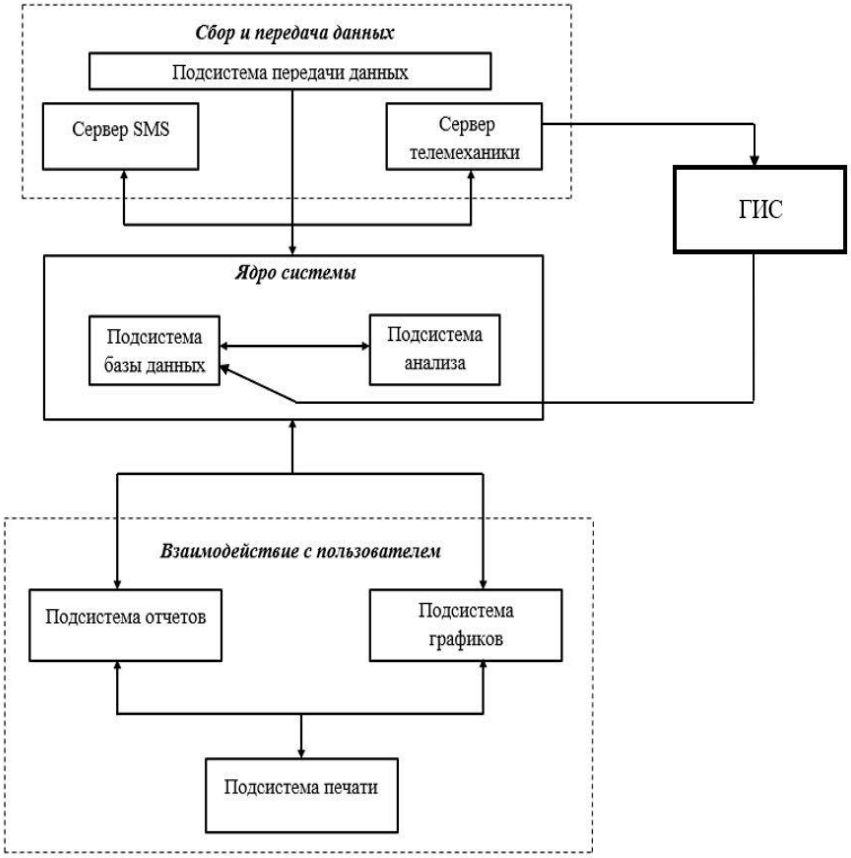


Рисунок 3 – Структурная схема информационной аналитической системы учета потерь воды в системе водоснабжения

Сбор в системе должен осуществляться с помощью беспроводных датчиков с автономным питанием, так же они должны быть совместимы с широким спектром промышленного оборудования и систем.

На втором уровне осуществляется передача информации с датчиков в автоматическом режиме и заполнение в базу данных. Осуществляется передача с помощью аналоговых и дискретных сигналов промышленных диапазонов. Система ГИС расположена на слиянии первого и второго уровней, получая информацию через датчики нижних уровней, преобразуя ее и передавая в пространственную базу данных и далее в СУБД системы ИАС.

Обмен данными между подсистемами происходит по последовательным каналам связи, по сети Ethernet. Модель потоков информации в системе учета потерь воды представлена на Рисунке 4.

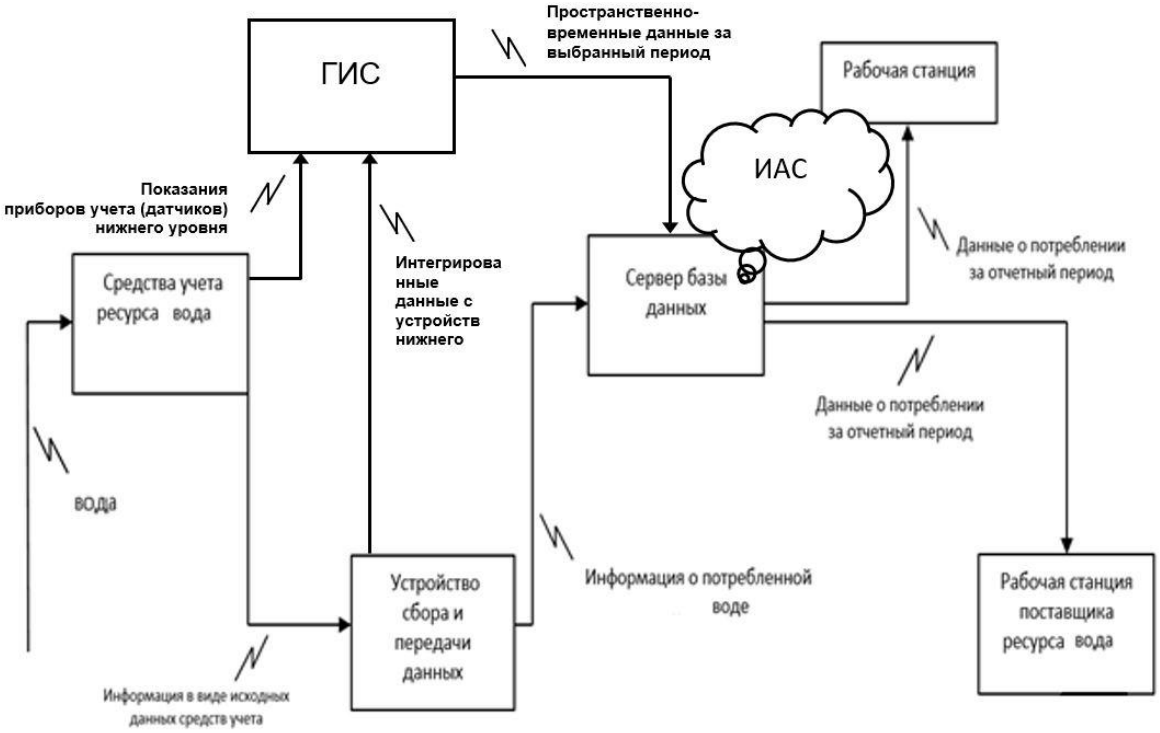


Рисунок 4 – Модель потоков данных в системе учета потерь воды

Таким образом, необходимыми данными для формирования выходных документов и принятии решения о проведении технических работ являются данные по всему объекту учета, а также выходные данные от ГИС и ИАС.

Предлагаемая система учета расхода воды позволяет решать одну из первоочередных задач водоснабжающей организации - автоматизированный учет и передачу данных о внутридомовом водопотреблении на сервер предприятий «Водоснабжение».

Список литературы

1. Арсеньев А.Н., Майоров А.Н. Опыт создания ЕГИС АО «Мосводоканал» // Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения. 2018. № 5. С. 2033.

2. Примин О. Г., Громов Г. Н., Тен А. Э. Алгоритмы построения и калибровки электронных моделей системы водоснабжения // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7. С. 848–854.

3. Примин О. Г., Громов Г. Н. Разработка электронной модели системы водоснабжения и водоотведения и ее реализация на примере российского города // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 4. С. 44–52.

4. Громов Г. Н., Примин О. Г., Бычков Д. А. Модель расчета потерь и неучтенных расходов воды в водопроводной сети г. Тюмени // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 9. С. 16–22.

ТЕХНОЛОГИИ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОПК

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор,
Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор,
Гончаров А.Н., канд. техн. наук, доцент,
Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент,
Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент,
Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Сегодняшние предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) – это высокотехнологичные производства, оснащенные современным автоматизированным оборудованием, с трендом к использованию СМАРТ-оборудования, неуклонному повышению уровня роботизации и внедрению интеллектуальных систем на основе методов искусственного интеллекта [1].

В соответствии с поручением Президента РФ от 5 декабря 2016 г. правительству РФ необходимо довести долю высокотехнологичной продукции гражданского назначения уже к 2025 году до уровня 30 %, а к 2030 году – не менее 50 %. Сегодня этот показатель составляет около 25 %.

Гражданская продукция ОПК это десять основных направления деятельности: электротехническое и энергетическое оборудование; автоматизированные системы управления технологическим процессом и приборостроение; системы безопасности (системы видеонаблюдения, охранной сигнализации, противопожарной безопасности); информационные технологии (высокопроизводительные вычисления и информационные системы управления); оборудование и услуги для топливно-энергетического комплекса и добывающей промышленности; мирный атом (медицинская техника, реакторы); станки и инструменты; перспективные технологии и продукция (лазерная техника и специальные материалы); исследования, испытания и измерения (средства неразрушающего контроля, аттестация оборудования); чистые технологии (очистка воды, радиационная безопасность) [2].

Число занятых в ОПК – не менее двух миллионов человек, работающих почти на 1300 предприятиях. Средний возраст работников ОПК составляет 46 лет, а доля молодёжи до 35 лет - около 30 %, с некоторой тенденцией роста за последние пять лет [3]. Более 50 % предприятий ОПК имеют дефицит кадров. Причём не только по рабочим профессиям, но и среди инженерно-технических работников. Особенно остро наблюдается дефицит по инженерам-конструкторам – 22 % и инженерам технологам – 17 % [4]. Поэтому министерством промышленности и торговли Российской Федерации была сформулирована ключевая задача ОПК - развитие кадрового потенциала и системы многоуровневого образования для работников предприятий. Это объясняет рост заинтересованности работников предприятий ОПК в получении заочного высшего образования по программам бакалавриата и специалитета, второго высшего образования, а

также к обучению в магистратуре и подготовке кадров высшей квалификации в аспирантуре.

В рамках программы стратегического академического лидерства вуза «Приоритет-2030» Оренбургский государственный университет планирует для предприятий ОПК нашего региона увеличить численность подготовленных высококвалифицированных кадров инженерно-технических профилей. Этому будет способствовать освоение, разработка и внедрение в производство новых перспективных технологий в области машиностроения. Подготовка кадров и доступ к новым перспективным технологиям неизбежно приведёт к подготовке новых для региона высокотехнологичных производств и его экономическому преобразованию.

В 2015 году с прогнозом на 10 лет министерством промышленности и торговли РФ был сформирован перечень приоритетных для предприятий ОПК направлений подготовки по программам бакалавриата и специалитета. Наиболее востребованным направлением подготовки бакалавров для предприятий ОПК оказалось направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, в том числе реализуемое в ОГУ кафедрой технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов.

Основными целями стратегического проекта «Технологии и кадры для ОПК» являются: создание научно-производственной и учебной базы с развитием компетенций цифрового машиностроения и искусственного интеллекта, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в интересах ОПК, производству опытных образцов станков, оборудования спецназначения, роботизированных систем.

Это определило направления научной деятельности, реализуемые в рамках стратегического проекта «Технологии и кадры для ОПК»: проектирование высокотехнологического оборудования машиностроения; проектирование мобильных станков; аддитивные технологии; высокоскоростное резание; технологии создания ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ для объектов машиностроения; создание интеллектуальных систем управления для объектов высокотехнологичного производства; технологии искусственного интеллекта в станкостроении; технологии искусственного интеллекта и Big DATA; технологии компьютерного моделирования и симуляции; разработка перспективных материалов для авиационного и космического машиностроения, станкостроения, тяжелого машиностроения; фотоника сложных молекулярных систем; наноструктура, динамика и методы исследования неорганических и органических материалов и сред; лазероиндуцированные процессы в природных и синтезированных наноструктурах.

При проведении научных исследований в рамках выбранных направлений будут сформированы следующие компетенции: способность к проектированию высокотехнологичного оборудования (мобильные станки, станки с ЧПУ, установки 3D-печати металлом, робототехнические и транспортные системы) с использованием методов компьютерного моделирования, симуляции, генеративного дизайна и аддитивных технологий; способность к использованию технологий контроля точности станков и деталей машин; способность к проектированию

технологий и оборудования высокоскоростной обработки; способность к проектированию технологий и оборудования суперфиниширования деталей машин; способность к сборке, наладке и эксплуатации высокотехнологичного оборудования; способность к созданию Цифровых Двойников объектов машиностроения; способность к проектированию интеллектуальных систем управления на основе технологий искусственного интеллекта; способность к разработке технологий создания сплавов, обладающих заданным комплексом свойств; способность к использованию технологий исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах; способность к применению методов машинного обучения для решения задач искусственного интеллекта; способность к созданию и использованию систем искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов; способность к разработке и применению системы компьютерного зрения и системы обработки естественных языков; способность к созданию и внедрению сквозных цифровых технологий искусственного интеллекта.

Для проведения научных исследований и формирования соответствующих компетенций организованы новые структуры научные структуры: Конструкторское Бюро «Машиностроения» Оренбургского государственного университета; научно-образовательный центр (НОЦ) «Новые материалы и перспективные технологии»; Институт искусственного интеллекта; Начальная инженерная школа.

В период с 2021 по 2030 годы будут созданы новые и переоборудованы действующие лаборатории. Сегодня перечень таких лабораторий уже определён. Среди них следует отметить: лаборатория быстрого прототипирования и программирования; лаборатория компьютерного моделирования станков; лаборатория станков с ЧПУ, мехатронных и робототехнических систем; универсальный класс для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ; лаборатория сборки и испытаний узлов и агрегатов робототехнических систем и высокотехнологичного оборудования; лаборатория сборки и испытаний машин 3D-печати металлом; лаборатория инструментального и метрологического обеспечения технологических процессов; лаборатория износостойких покрытий; лаборатория структурных методов исследования материалов; лаборатория механических испытаний; лаборатория цифровых решений и аналитики больших данных; лаборатория искусственного интеллекта и анализа данных; лаборатории начальной инженерной школы (механики и механизмов, термодинамики и теплотехники, электрических и магнитных систем, оптики и СВЧ техники, квантовых и лазерных технологий, медицинской техники и оборудования).

Программа трансформации и развития вуза рассчитана на 10 лет. Результаты конкурсного отбора по программе «Приоритет-2030» были подведены только 26.09.2021 года, поэтому многие мероприятия текущего года можно было осуществить в течение последних трёх месяцев 2021 года. Это определило один из важнейших формальных приоритетов реализации программы – закупки нового оборудования на 2021 год и формирование заявок на оборудование на 2022 год .

Например, для функционирования НОЦ «Новые материалы и перспективные технологии» запланировано приобретение: электронного сканирующего

микроскопа Tescan VEGA II XMU с использованием энергодисперсионной приставки INCA Energy 450 и приставки микротекстурного анализа вещества EBSD; микротвердомера Innovatest серии Verzus; сканирующего нанотвердомера «НаноСкан», позволяющего производить измерения твердости материалов на субмикронном масштабе и характер их разрушения, количественное измерение модуля упругости со сверхвысоким пространственным разрешением методом силовой спектроскопии, успешно применяется для измерения свойств тонких пленок и сверхтвердых материалов; скретч тестера CSM Instruments Revetest® для тестирования адгезии и износа тонких покрытий; дилатометра закалки и деформации DIL805A/D для построения термокинетических и изотермических диаграмм распада переохлажденного аустенита сталей в условиях непрерывного охлаждения, в изотермическом режиме и в условиях деформации; спектрометр оптико-эмиссионный ARL EasySpark для определения массовой доли элементов в твердых металлических образцах; лазерный конфокальный исследовательский микроскоп LEXT OLS 5000 для изучения структуры поверхности образцов.

Для функционирования КБ «Машиностроения» ОГУ были приобретены высокопроизводительные станции, 3D-сканер Artec Leo, 3D-принтер Formlabs Form 3L, специальное профессиональное программное обеспечение от разработчиков Ansys, Siemens NX, Deform 3D, динамометрический комплекс Kistler для измерения сил резания на токарных и фрезерных станках. Для формирования компетенций, связанных с робототехническими системами запланировано приобретение промышленного робота Fanuc M-10iD/12. Для формирования компетенций по многоосевой и высокоскоростной обработки запланировано приобретение станка DMG MORI DMU 50, оснащенного высокоскоростным шпинделем на 35000 об/мин. Для формирования компетенций по аддитивным технологиям методом селективного лазерного плавления планируется приобретение установки печати металлом DMG Mori Lasertec 30 SLM.

2021 год это не только год закупок нового оборудования, в этот год были реализованы новые проекты и различного уровня мероприятия. Например, проведен научный семинар под руководством профессора Болодуриной И.П. в рамках международного проекта совместно с Аньхойским Университетом "Разработка моделей и механизмов защиты информации в автомобильных самоорганизующихся сетях на базе машинного обучения". Под руководством доцента Гончарова А.Н. разработан проект мобильного станка МС400. На основе выполненного проекта заключён договор о проведении НИОКР с предприятием изготовителем этого мобильного станка.

Приобретение новых компетенций обучающимися не всегда реализуемо в рамках имеющейся образовательной программы. Поэтому по программе «Приоритет-2030» уделяется большое внимание развитию системы дополнительного профессионального образования (ДПО). Например, по стратегическому проекту «Технологии и кадры для ОПК» предусмотрено реализовать 25 программ до 2030 года.

Цифровая трансформация региона, реализуемая через цифровые компетенции, порождает возможности подготовки новых кадров для обновлённой экономики. Планируется привлечение десяти ИТ-компаний для подготовки кадров по программам бакалавриата и магистратуры. Планируется ввести пятнадцать образовательных курсов от ведущих ИТ-компаний.

Развитие лабораторной базы университета и новый уровень компетенции преподавателей позволяет начать подготовку бакалавров, магистров и специалистов по новым образовательным программам, например: 01.04.02 Прикладная математика и информатика, магистерская программа «Глубокое обучение и генеративный искусственный интеллект»; 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, магистерская программа «Гибкие технологии разработки корпоративных систем»; 09.04.02 Информационные системы и технологии, магистерская программа «Искусственный интеллект в промышленности»; 15.04.06 Мехатроника и робототехника, магистерская программа «Мехатронные системы»; 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность «Робототехника»; 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов– Проектирование металлорежущих станков и комплексов.

Таким образом, сделанные в 2021 году первые шаги по трансформации Оренбургского государственного университета в рамках программы «Приоритет-2030» показывают новые открывающиеся возможности для масштабных преобразований как в области технологической безопасности региона, так и подготовки будущих специалистов для предприятий ОПК и всей экономики региона.

Список литературы

1. Маликова, Д.М. Особенности организации производства в оборонно-промышленном комплексе российской федерации на современном этапе // организатор производства / Д.М. Маликова // Организатор производства. – 2018. – Т. 26. № 1– С. 7–22.

2. Гражданская продукция оборонно-промышленного комплекса. – Москва: Росатом, 2018. – Режим доступа: https://www.rosatom.ru/upload/iblock/638.

3. Оборонное-промышленный комплекс. Государственный оборонный заказ: некоторые факты за 6 лет. – Москва, 2018. - Режим доступа: http://government.ru/info/32164.

4. Кадры для ОПК будущего/ – Москва. 2018. - Режим доступа: https://news.myseldon.com/ru/news/index/195276735.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ ВНУТРЕННИХ СФЕР С КРУПНЫМ РАДИУСОМ

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор,
Майранц Э.Л.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В условиях современного производства требуется производить все более сложные изделия, которые требуют все более совершенное оборудование. Данная проблема актуальна и для больших и для малых предприятий. В представленном исследовании рассмотрено решение задачи изготовления крышки превентора универсального сферического (рисунок 1).

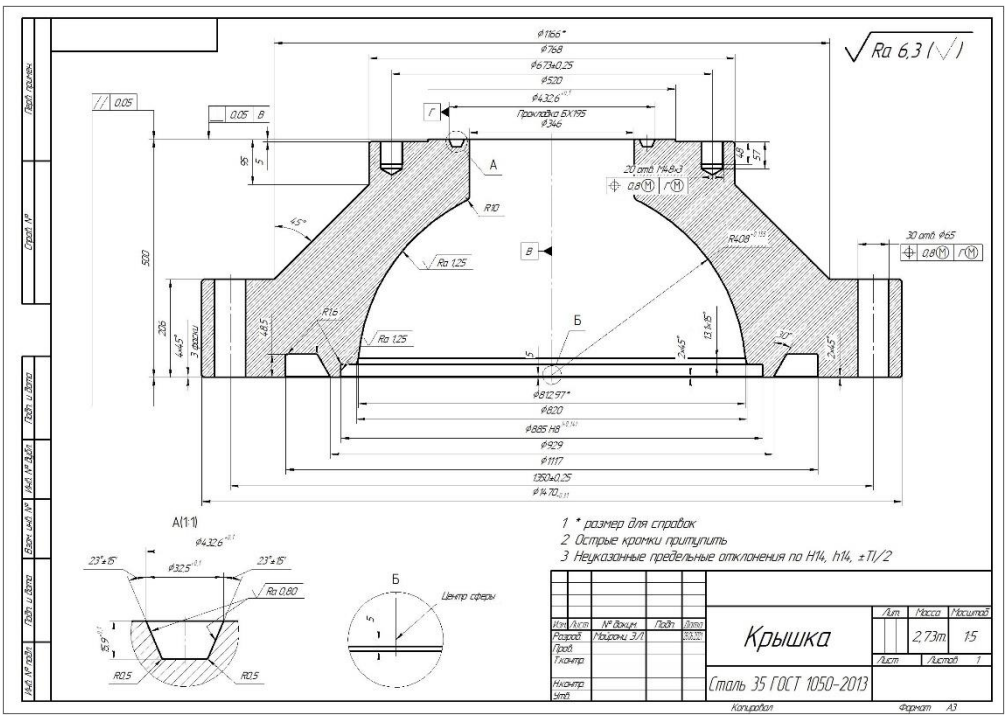


Рисунок 1 - Крышка

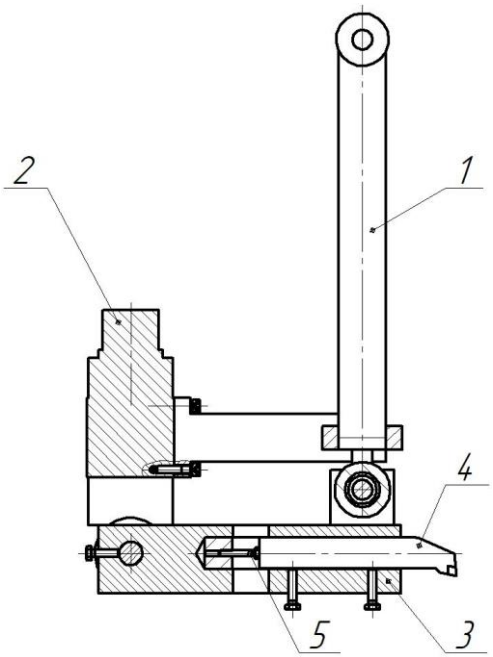
В рамках решения поставленной задачи была разработана конструкция приспособления, а также произведен инженерный анализ конструкции данного приспособления. Представлено решение задачи для универсального оборудования, в частности, было спроектировано приспособление для универсального токарно-карусельного станка модели 1516.

В результате проведенного обзора готовых конструкторских решений [1,2] не удалось найти конструкции, легко реализуемой на данном типе станков. Это определило необходимость разработки специального приспособления, способного выполнить обработку внутренней сферической поверхности.

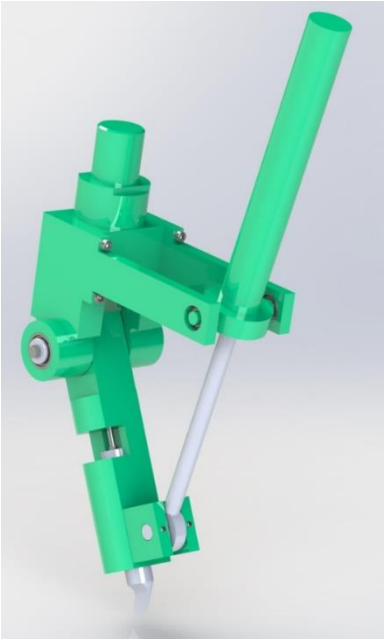
Для малых предприятий особенностью проектируемого приспособления является возможность изготовления конструкции в условиях ограниченных

материальных и технологических ресурсов. При этом изготовленное изделие должно полностью удовлетворять требованиям конструкторской документации и быть достаточно надёжной.

В качестве привода в приспособлении был принят гидроцилиндр, который толкает резцовую головку, закрепленную на оси, по радиусу, установленному вылетом резца (рисунок 2). Радиус получаемой поверхности устанавливается регулирующим винтом. Схема получения сферы показана на рисунке 3.



а) конструктивная схема



б) 3D-модель

1 – гидроцилиндр, 2 – основание, устанавливаемое в суппорт, 3 – резцовая головка, 4 - резец, 5 – регулировочный винт

Рисунок 2 – Приспособление для точения сфер

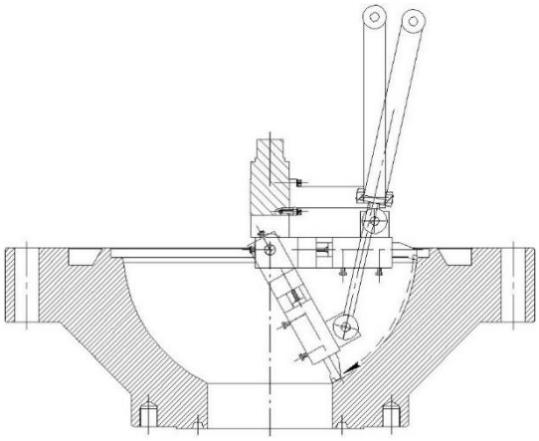


Рисунок 3 – Схема растачивания сферической поверхности

Для выполнения инженерного анализа спроектированной конструкции приспособления были определены составляющие силы резания, возникающие в

процессе черновой обработки. Тангенциальная составляющая силы резания были рассчитаны по зависимости:

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{x_z} \cdot s^{y_z} \cdot V^n \quad , \qquad (1)$$

где C_{Pz} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого и обрабатывающего материалов и условий его обработки; t – глубина резания, мм; s – подача мм/об; V – скорость резания м/мин, x_z, y_z, n – справочные показатели степеней [3].

Для рассматриваемых условий резания и использования быстрорежущей стали в качестве инструментального материала коэффициент C_{Pz} принят равным 3000. Глубина резания для черновой обработки принята равной 2 мм. Подача принята равной 0,17 мм/об. Скорость резания принята равной 65 м/мин. Выбранные режимы резания и использование зависимости (1) определили величину главной составляющей силы резания равной 850 Н. Расчёт главной составляющей силы резания P_z позволили определить другие компоненты силы резания - радиальную P_y и осевую P_x участвующие в расчётах. Используя методику расчёта составляющих сил резания для точения, изложенную в [3], получили для радиальной составляющей 510 Н, для осевой составляющей силы резания - 212,5 Н.

Для проведения инженерного анализа спроектированного приспособления был выбран CAE модуль из SolidWorks. Инженерный анализ включал расчёт статических, модальных и динамических характеристик. В соответствии с методикой проведения инженерного анализа сначала была построена геометрическая 3D-модель, затем была разработана сеточная и расчётная модели. В расчётной модели были наложены закрепления и приложены силы резания по поверхностям, как показано на рисунке 4. Максимальные перемещения не превысили 0,3438 мм (рисунок 4).

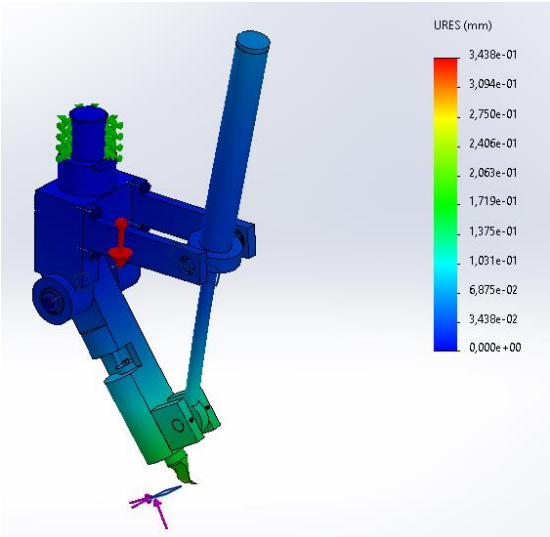


Рисунок 4 – Перемещения

Результаты расчёта модального анализа показали, что в диапазоне от 0 до 2500 Гц проявляются только 15 частот. Первая частота 114,64 Гц, пятнадцатая частота – 1331,7 Гц. Анализ результатов динамического расчёта показал, что для

спроектированного приспособления критичными оказались колебания вдоль оси Y. Максимальные динамические перемещения составили около 10 мкм, что полностью отвечает (с запасом) существующим требованиям к параметрам шероховатости для чернового растачивания поверхностей.

Таким образом, было разработано приспособление, которое может быть изготовлено малым предприятием без больших материальных затрат. Проведённый инженерный анализ изделия показал, что изделие соответствует требованиям жесткости и точности. Резервы для увеличения точности механической обработки были установлены – это позволяет создать направление совершенствования конструкции в рамках принятой концепции проектирования.

Список литературы

1. Безъязычный, В.Ф., Шеметов, М.Г. Справочник токаря универсала: Справочное издание / В.Ф. Безъязычный, М.Г. Шеметов. – М.: Машиностроение, 2007. – 576 с.

2. Вереина, Л.И. Справочник токаря: Учеб. Пособие для нач. профессор Образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение., 1986 - 496 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ФАСОВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

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

Автоматизация фасовки готовой продукции является необходимой составляющей на производстве, особенно при наличии товара, который не предполагает отправку потребителю без упаковки. К таким выдам продукции относится большинство пищевых продуктов и бытовой химии. Автоматизированные линии фасования готовой продукции обладают целым рядом преимуществ по сравнению с процессом, оборудованным механизированным управлением [1].

В частности, данные системы способны максимально эффективно решать следующие задачи, стоящие перед производителями при фасовке продукции:

- дозирование продукции с максимальной точностью и измерение массы;
- требуемое снижение трудоемкости при выпуске продукции;
- расчет и хранение информации о технико-экономических данных производства;
- поддержание минимального значения расхода сырья и полуфабрикатов;
- управление технологическим процессом в рамках заданных значений на предприятиях;
- проведение промежуточного контроля качества внутри предприятия на всех этапах производства;
- сокращение незапланированных простоев основного технологического оборудования;
- повышение уровня качества приемки и хранения сырья;
- сокращение брака готовой продукции;
- снижение процента потерь сырья;
- достижение максимального качества готовой продукции;
- формирование предупреждений о возможности возникновения нештатной аварийной ситуации.

К готовой пищевой продукции, которую можно фасовать по коробам, относится:

- вязкие масла;
- творог;
- другие вязкие пищевые продукты.

Объектом автоматизации, в данном случае, является сама установка по фасованию готовой продукции. Она включает в себя датчики, исполнительные механизмы, программируемые логические контроллеры (ПЛК) [2].

В проведенной работе, на основе всей полученной информации и использования методического обеспечения были разработаны схемы работы оборудования, далее в продолжении работы будет реализована часть проекта, связанная с применением SCADA-системы для решения задач автоматизации.

В качестве контрольно-измерительных приборов используются датчики веса, установленные по месту, для контроля веса короба с продукцией. Принцип работы заключается в следующем. Чувствительный элемент (измеритель), это двойная изгибная полоса нержавеющей стали, на ней имеются четыре дополнительных расширительных измерительных полоски (DMS). DMS установлены так, что пара из них работает на растяжение, а пара - на сжатие. При появлении на датчике измеряемого объекта (нагрузки) пружинное тело и связанные с ним DMS эластично деформируются, результатом чего является выработка измерительного напряжения, которое строго пропорционально нагрузке [3].

Также в разработанной схеме применены датчики положения для определения взаимного расположения короба и клапана. Их принцип работы заключается в следующем – первичный элемент датчика циклически излучает ультразвуковые импульсы. При появлении в рабочей зоне объекта (короба) происходит отражение ультразвукового импульса от короба. При этом возникает эхо-сигнал, который поступает в приемник датчика, после чего сигнал преобразуется в электрический. Принцип работы датчиков, это работа в воздушной среде по измерению времени прохождения эхо-сигнала.

Исполнительные механизмы разработанной системы, это приводы наполняющих клапанов, регулирующих клапанов, приводы транспортерной ленты.

Наполняющие клапана служат для заполнения пустого короба до значения конечной массы. Назначение регулирующего клапана - перераспределение потоков продукции через левый и правый наполняющий клапаны в определенной последовательности. Транспортерная лента необходима для перемещения пустого короба на платформу подачи продукции через клапана, а также для перемещения заполненного короба на место складирования [4].

Для управления процессом был выбран программируемый логический контроллер фирмы Siemens, модель SIMATIC S7-400. Данная модель ПЛК является контроллером универсального типа. Он соответствует всем требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Установка и замена модулей контроллера, а также подключенных к нему станций систем распределенного ввода-вывода может производиться без отключения питания («горячая замена»). S7-400 имеет модульную конструкцию и может комплектоваться широким спектром модулей, устанавливаемых в монтажных стойках в любом порядке.

На ПЛК поступают входные сигналы от датчиков веса, датчиков положения, сигналы обратной связи с клапанов и сигналы от пульта управления. После обработки полученной информации ПЛК подает выходные сигналы на исполнительные механизмы: клапаны и транспортер [5].

Технологический процесс фасования управляется с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора. На экране АРМ отображается мнемосхема с показаниями датчиков и исполнительных механизмов. Оператор может увидеть в каком состоянии находятся в данный момент объекты автоматизации (например, клапан открыт/закрыт). Также представлены технологические параметры

оборудования и то, каким образом они изменяются со временем (строится линия тренда) в допустимых пределах [6].

Оператор с экрана монитора ведет процесс управления состоянием наполняющих, регулирующих клапанов (может в дистанционном режиме принимать задавать значения открыто/закрыто), управлять скоростью движения конвейерной ленты (назначать параметры скорости, мощности), принимать решение о выборе автоматического или ручного управления. Оператор на мнемосхеме может увидеть, как располагается клапан относительно короба (при помощи датчика положения), и каков вес короба после фасования, последнее значение параметра заносится в базу данных [7].

Перед выбранной SCADA-системой ставится ряд задач:

- получение и запись в память (архивирование) информации о параметрах технологического процесса;
- проведение необходимой вторичная обработки информации;
- возможное графическое отображение технологического процесса в режиме реального времени;
- отображение архивной информации;
- прием управляющих воздействий от оператора;
- передача управляющих воздействий контроллеру;
- архивирование событий, связанных с технологическим процессом и действиями персонала;
- оповещение персонала об обнаружении предаварийных состояний, связанных с контролируемым технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУ ТП;
- регистрация действий персонала в аварийных ситуациях;
- формирование отчетных документов;
- передача по требованию информации о технологическом процессе на верхний уровень автоматизированной системы управления предприятием.

Таким образом, были рассмотрены теоретические аспекты в области автоматизации фасовки готовой продукции. Определено, какое оборудование требуется для реализации системы управления, за какими параметрами производства осуществляется контроль в данном технологическом процессе, а какие параметры подлежат регулированию.

Также следует отметить, что Аэрокосмический институт Оренбургского государственного университета располагает обширной базой знаний по таким дисциплинам, как «Компьютерная графика устройств и систем автоматизации», «Моделирование систем автоматизации», «Проектирование автоматизированных систем» «Автоматизация технологических процессов и производств» и другие, что способствует решению задач, поставленных при разработке проекта.

Список литературы

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

250.

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

3. Благовещенский, И. Построение комплексной автоматизированной системы отгрузки готовой пищевой продукции / И. Г. Благовещенский, М. М. Благовещенская, А. Е. Козловская // Хранение и переработка сельхозсырья. - М: Московский государственный университет пищевых производств, 2015. - № 6. - С. 45 - 48.

4. Мартынов, Д.Ю. Повышение энергоэффективности технологического оборудования производственных процессов в отраслях перерабатывающей промышленности / Д.Ю. Мартынов, А.И. Новиченко, И.В. Кучинова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. - М: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2016. - №5. - С. 12 - 18.

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. 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.

7. Рындина, А. С. Скада-системы как средства автоматизации системы управления / А. С. Рындина // Современные тенденции развития науки и технологии. - Смоленск: Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2016. - №7-1. - С. 120-124.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Потехин А.А., Шалимов А.В.,
Крылова С.Е. д-р техн. наук, доцент, Плесовских А.Ю.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Развитие газотермического метода нанесения покрытий основано на создании высокопроизводительного автоматизированного оборудования и прогрессивных технологических процессов. Однако на современном этапе особую актуальность приобретает создание новых порошковых материалов, обеспечивающих комплекс защитных покрытий при эксплуатации узлов и деталей, а также восстановление изношенных поверхностей. Расширение сферы применения газотермического напыления привело к необходимости разрабатывать десятки наименований порошков металлов, сплавов, карбидов, оксидов [1].

Сущность газотермического напыления заключается в нагреве напыляемых материалов газовым пламенем и нанесении на восстанавливаемую поверхность струей сжатого газа. Тепло для нагрева материала получают путем сжигания ацетилена или пропан-бутана в кислороде, а переносится материал продуктами сгорания углеводородного топлива. В качестве основного материала применяют: порошки и проволоки.

Данная работа проводилась с целью определения химического состава и свойств покрытия, полученного методом газотермического напыления.

Покрытие, представленное на рисунке 1, имеет слоистую структуру, состоящую из деформированных частиц – ламелей, соединенных контактными участками, так как при газопламенном напылении формирование покрытия образуется при ударе, деформации и затвердевании нагретых дисперсных частиц с подложкой и остывшими слоями.

Между покрытием и основным металлом, как показано на рисунке 2, наблюдается резкая граница, что свидетельствует об отсутствии диффузионного слоя и металлургических процессов, связанных с плавлением и кристаллизации на границе основной металл – покрытие. Толщина покрытия составляет в среднем 1 мм.

Покрытие имеет многофазную структуру, состоящую из крупных зерен основного металла, окислов и карбидных включений. При детальном рассмотрении структуры, видно, что большие скопления карбидов и окислов находятся преимущественно по границам основного материала, в покрытии присутствуют поры.

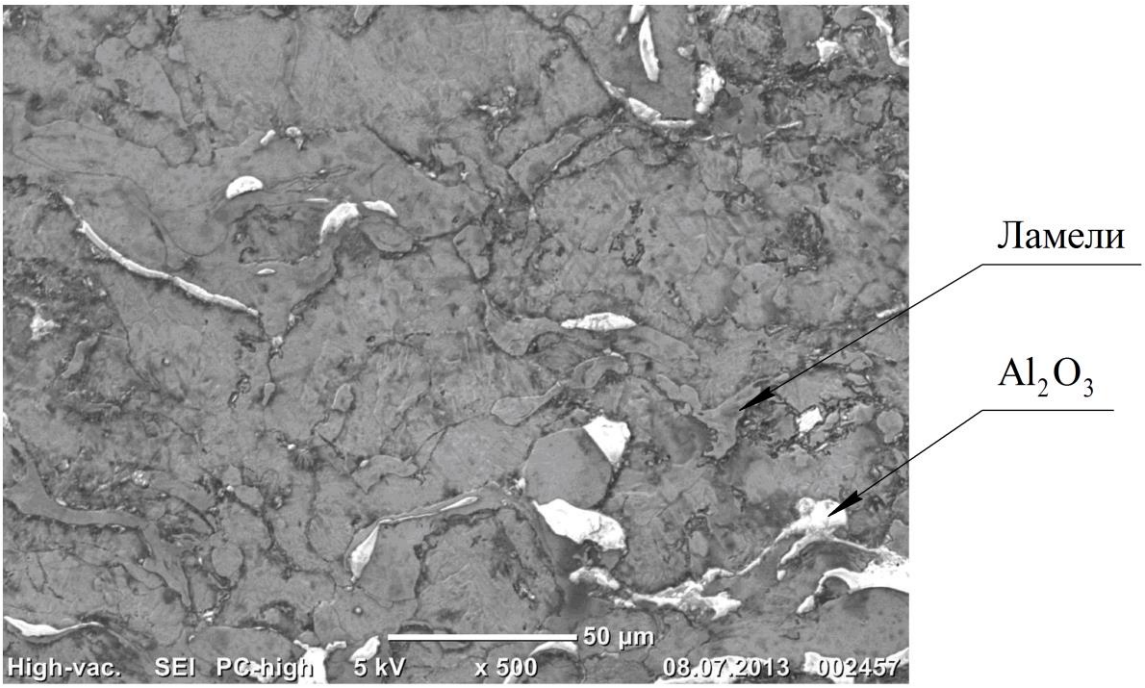


Рисунок 1 – Микроструктура покрытия

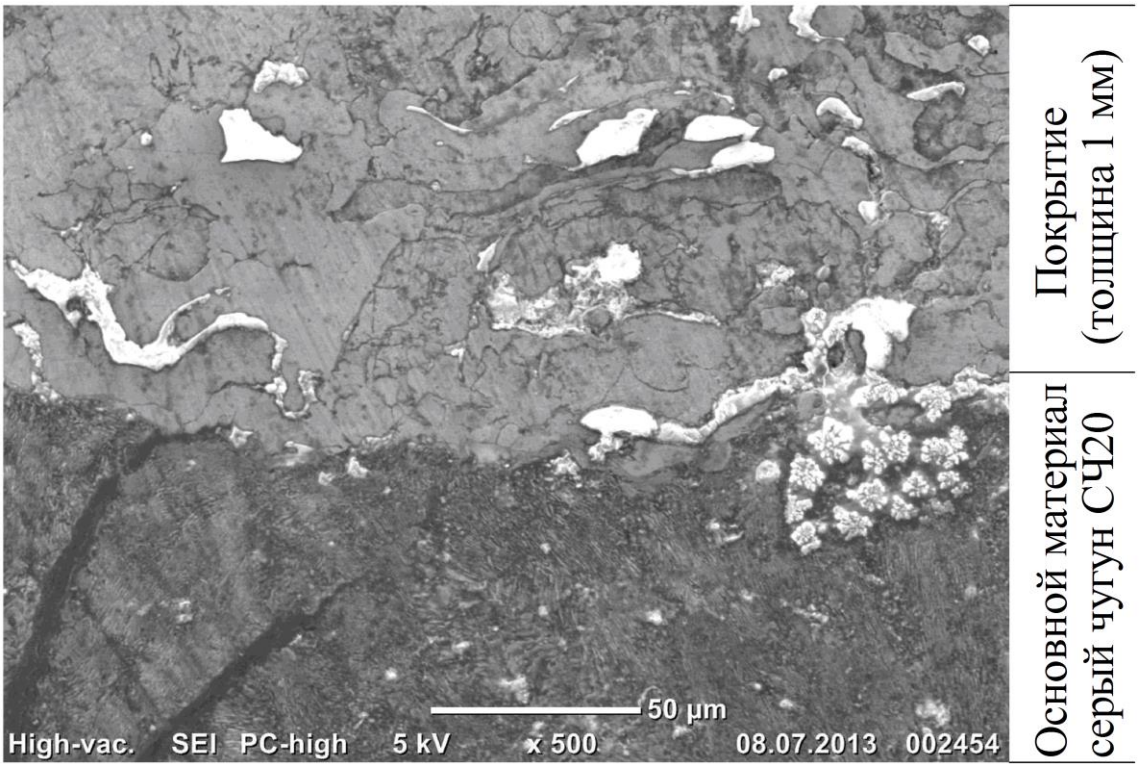


Рисунок 2 – Микроструктура покрытия

Методом электронной растровой микроскопии проведен анализ содержания основных химических элементов в составе покрытия на участке, изображенном на рисунке 3. Результаты химического анализа основного материала представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

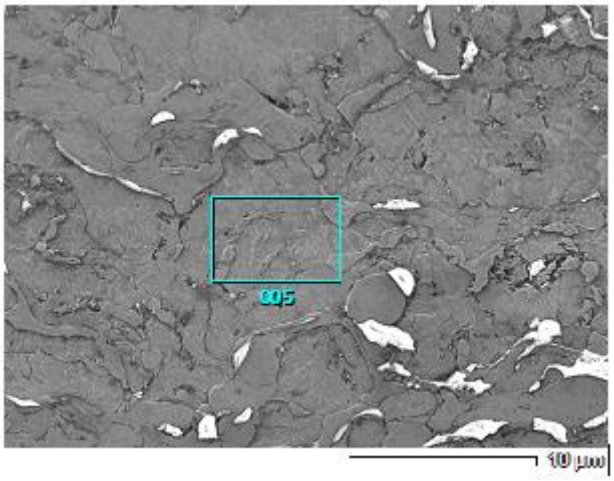


Рисунок 3 – Участок исследования

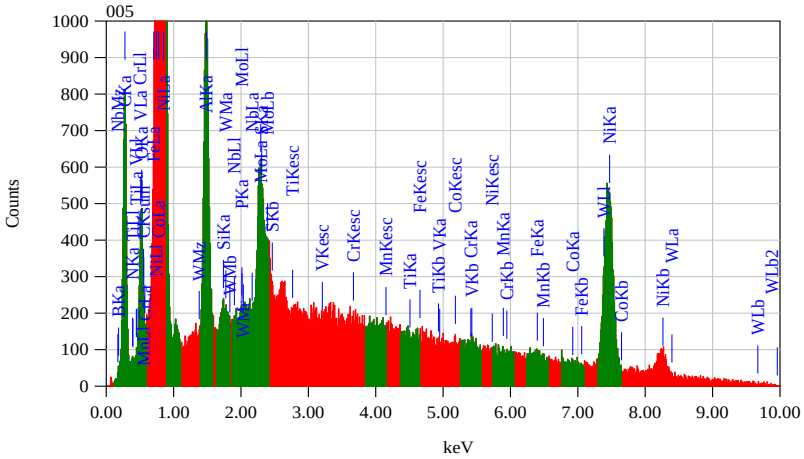


Рисунок 4 – Диаграмма распределения химических элементов

Таблица 1 – Химический составного основного материала

Зафиксированный элемент	B	C	Si	O	Al	Ni	Mo
Количество, %	2,69	22,15	0.67	3,16	9,65	35,52	23,08

Исходя из данных, представленных в таблице 1, можно сделать вывод что в состав участка 005 входит значительное количество никеля (Ni) и молибдена (Mo), следовательно, основа никелево-молибденовая, также наблюдается наличие таких элементов, как, алюминий (Al), бор (B), углерод (C), кислород (O) и небольшое количество кремния (Si), из этого можно сделать вывод, что в структуре могут содержаться бориды, карбиды и оксиды. Так как в структуре имеются флюсующие элементы бор и кремний, которые защищают покрытие от развития окислительных процессов в ходе напыления, можно сделать вывод, что в качестве напыляемого материала применялся самофлюсующийся порошок на никелевой основе.

Для определения фазового состава покрытия, выполнен рентгеноструктурный анализ на минидифрактометре МД10 с медным катодом в двух диапазонах

углов – от 16° до 70° и от 65° до 120° [2]. Рентгенограммы и параметры пиков приведены на рисунках 5 и 6 и в таблице 2.

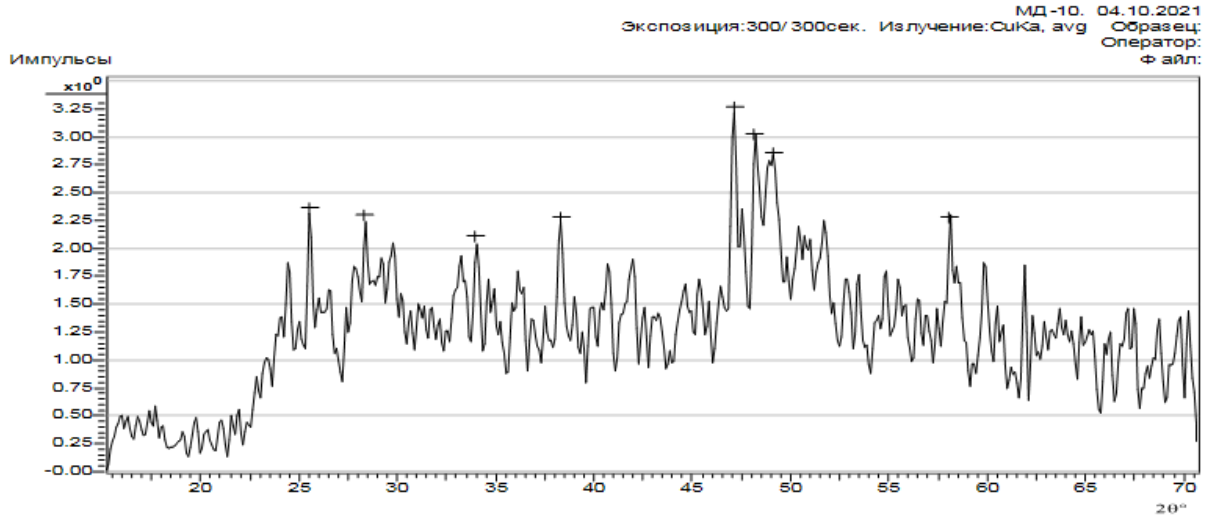


Рисунок 5 – Рентгенограмма образца в диапазоне углов от 16° до 70°

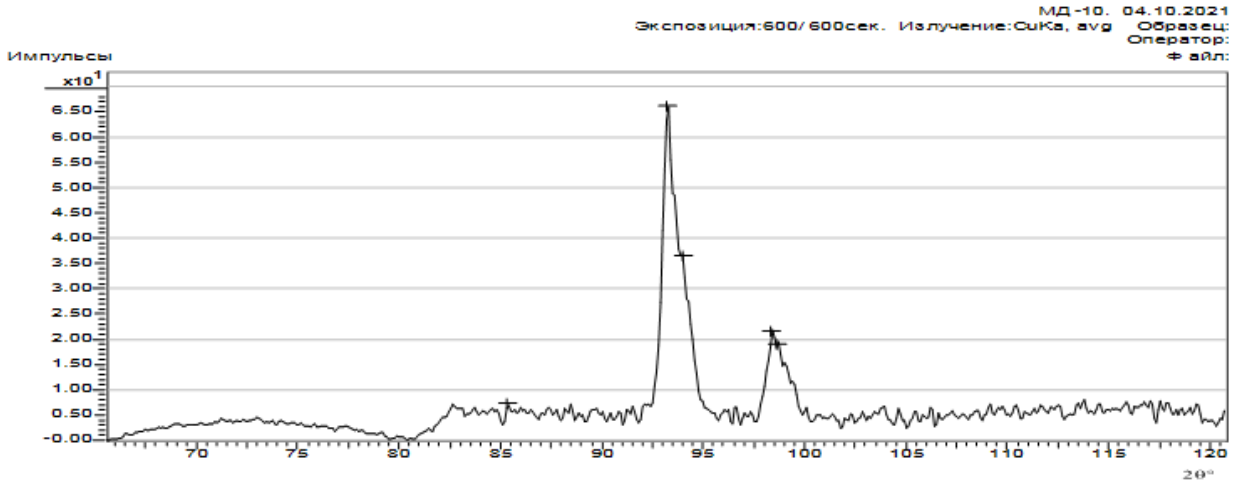


Рисунок 6 – Рентгенограмма образца в диапазоне углов от 65° до 120°

По результатам расшифровки пиков рентгенограмм составлена таблица 2, анализ которой показал, что структура покрытия состоит из следующих соединений: Ni, Ni_3Al, NiAl, Mo_2C, Al_2O_3, Ni_4B_3, Ni_3B, NiB, MoB.

Таблица 2 – Расшифровка параметров

№	d	2θ°	HKL	Тип решетки	Фаза
1	3,49076	25,52	101	ОЦК	α-Al_2O_3
2	3,14952	28,34	102	ОЦК	Ni_4B_3
3	2,64129	33,94	111	ОЦК	Ni_4B_3
4	2,35064	38,29	002	ОЦК	Mo_2C
5	1,92900	47,11	031	ОЦК	Ni_3B
6	1,88918	48,17	130	ОЦК	NiB
7	18,5570	49,09	107	ГПУ	MoB
8	1,58811	58,08	210	ОЦК	Ni_3Al
9	1,13795	85,29	202	ОЦК	Mo_2C
10	1,06084	93,22	202	ОЦК	Mo_2C
11	1,05399	94,01	204	ГЦК	α-Al_2O_3
12	1,01862	98,37	220	ОЦК	NiAl
13	1,01648	98,64	222	ОЦК	Ni

Исходя из анализа проведенных исследований определили, что опытное покрытие было нанесено методом газопламенного напыления самофлюсующимся порошком на основе никеля. Это покрытие относится к композиционным, обладает высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и стойкостью к окислению в воздушной среде при высоких температурах. Такие свойства обуславливаются сочетанием свойств разнородных материалов [3].

В данном случае никелевая пластичная матрица армируется твердыми включениями оксида алюминия. Кроме того, алюминий образует с никелем интерметаллиды: Ni_3Al (алюминид никеля) и NiAl (моноалюминид никеля), которые отличаются высокой жаростойкостью и жаропрочностью. Помимо этого, в состав нанесённого слоя входит молибден, который образует с никелем твердый раствор, повышающий его пластичность, и образует карбиды, отличающиеся высокой твердостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью и относительно высокой теплопроводностью. Также в покрытии присутствуют бориды, которые образовались в связи сравнительно малой растворимостью бора в твердом растворе никеля, преимущественно по границам и на стыках зёрен. Бор является легирующим элементом, который, входя в твёрдый раствор и в состав боридных фаз, тормозит диффузионные процессы, протекающие при умеренных температурах, и тем самым способствует повышению прочности покрытия.

Список литературы

1. Кулик А.Я., Борисов Ю.С., Мнухин А.С, Никитин М.Д. Газотермическое напыление композиционных порошков. - Л.: Машиностроение, 1985. - 199 с.

2. Горелик С.С, Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронооптический анализ. - 2-е изд. - М.: Металлургия, 1970. - 366 с.

3. Портной К.И., Бабич Б.Н., Светлов И.Л. Композиционные материалы на никелевой основе. - Л.: Машиностроение, 1979. - 264 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ В КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

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

По сравнению с борапластиками исследования в области композиционных материалов с металлическими матрицами актуальны и связываются с авиационно-космическим машиностроением в основном с материалами, имеющими алюминиевую матрицу, хотя могут быть использованы и другие более термостойкие сплавы, например – титановые. Следует отметить, например, что усиление свинца бороволокном ведет к значительному улучшению его механических характеристик: при объемном содержании бороволокна 5 % предел прочности при растяжении чистого свинца, равный 17 МПа, увеличивается до 140 МПа [2, 3].

Основными преимуществами композиционных материалов с металлическими матрицами по сравнению с боропластиками являются повышенная термостойкость, хорошая электро- и теплопроводность, стойкость к старению, малая чувствительность к радиационному облучению, стойкость к атмосферным воздействиям и высокие механические характеристики в поперечном направлении.

Изготовление композиционных материалов с металлической матрицей связывается в основном с двумя трудностями, обусловленными:

- необходимостью проведения процессов изготовления методом пропитки или прессования при высоких температурах;
- снижением механических характеристик из-за химического воздействия при высокой температуре.

Основные проблемы, связанные с химическим взаимодействием, волокно-матрица – бор, как и углерод, имеет химическое родство с большинством металлов, используемых в авиационно-космических конструкциях. При нагревании он вступает в реакцию с алюминием, магнием и переходными металлами, быстро образуя одно или несколько соединений.

Композиционный материал, состоящий из волокон бора и металлической матрицы, например, титановой, при высоких температурах не является равновесной системой в термодинамическом смысле. Между поверхностями по границе раздела волокно–матрица происходит химическая диффузия, в результате которой вокруг каждого волокна образуется слой боридов, при этом толщина слоя растет в функции температуры и времени. Явление диффузии может иметь два противоположных эффекта. Если процесс диффузии происходит с малой интенсивностью, то он способствует усилению адгезии по разделу волокно–матрица, и наоборот, если процесс диффузии происходит очень интенсивно, то в результате может образоваться хрупкая зона между волокном и матрицей, что приведет к

уменьшению адгезии по границам раздела и прочности композиционного материала.

Композиционный материал бороволокно–металл испытывает воздействие высоких температур в процессе изготовления, а затем во время эксплуатации в конструкциях. Следовательно, для каждого вида композиционного материала необходимо знать максимально допустимое взаимодействие волокно–матрица, при котором начинают ухудшаться механические характеристики, и кинетику формирования зоны взаимодействия. Эта информация может быть получена только в результате лабораторных исследований и является весьма полезной при изготовлении в промышленности и применении композиционных материалов. Снижение механических характеристик возможно уменьшить, если учесть физико-химическое взаимодействие на границе раздела волокно–матрица.

При высоких температурах химическое взаимодействие бороволокна с алюминием и титаном является неблагоприятным и поэтому необходимо обеспечить защиту бороволокна с помощью диффузионного барьера (покрытий типа SiC, B_4C, BN) или заменой чистых материалов на соответствующие сплавы.

При защите бороволокна с помощью покрытий оно окружено белой кольцевой пленкой, состоящей из TiB_2 и образующейся в результате взаимодействия волокно–матрица. При данной температуре толщина этой пленки увеличивается пропорционально корню квадратному от времени, коэффициент пропорциональности k, называемый коэффициентом проникновения, определяет кинетику явления.

Защитные покрытия, уменьшающие скорость взаимодействия волокно–матрица, вносятся тонким слоем на бороволокно в конце процесса получения волокна. В случае бороволокна с защитным покрытием B_4C толщина слоя из TiB_2 намного меньше, чем в случае бороволокна без покрытия, т.е. защитный слой B_4C является хорошим диффузионным барьером.

Композиционный материал бороволокно–титан сохраняет механические характеристики, близкие к теоретическим значениям, в том случае, если толщина пленки из TiB_2 меньше критической. Критическое значение толщины пленки из TiB_2 для чистого титана приблизительно равно 0,4 мкм. Выше этого значения предел прочности композиционного материала при растяжении в продольном направлении уменьшается до предела прочности титановой матрицы.

Кинетика образования TiB_2, позволяют определить время τ потребное для формирования пленки толщиной 0,4 мкм. Время образования пленки из TiB_2 толщиной 0,4 мкм при температуре 700^0C составляет 7 ч в случае бороволокна без покрытия и 1000 ч в случае бороволокна с покрытием B_4C.

Такие исследования кинетики образования TiB_2 при одновременном измерении механических характеристик композиционных материалов бороволокно–титан позволяет определить рациональные условия изготовления и применения этого класса материалов.

При улучшении совместимости бороволокна с матрицей путем использования сплавов, скорость диффузии атомов бора через слой боридов, который формируется на поверхности раздела волокно–матрица, зависит от градиента

концентрации составляющих в этом слое и, следовательно, от ширины области боридов и отклонений от стехиометрического соотношения. Изменить стехиометрическое соотношение диборида MB_2 возможно путем введения в матрицу некоторых элементов. Применительно к титану такими добавками могут быть ванадий и в меньшей степени алюминий, цирконий, молибден и вольфрам. Скорость взаимодействия волокно–матрица в композиционных материалах с матрицей из титанового сплава TA6V гораздо меньше, чем в случае матрицы из чистого титана.

Систематическое изучение влияния добавок типа ванадия в титан позволит определить рациональный состав сплава, совместимого с бороволокном при возрастании температуры. Например, использование сплава Ti–13V–10Mo–5Zr–2,5Al позволяет увеличить в 500 раз время образования пленки из TiB_2 толщиной 0,4 мкм при температуре 750^0С в композиционном материале с бороволокном без покрытия по сравнению с материалом, имеющем матрицу из чистого титана, т.е. без добавок.

Проведенный анализ показывает, что совместное использование в композиционных материалах бороволокна с покрытиями и правильный подбор сплавов для матрицы позволяет удовлетворительно решить проблему химической совместимости бороволокна с большинством сплавов в качестве матрицы, представляющих интерес для авиационно-космического машиностроения [1, 4]. Предельная температура применения композиционных материалов на основе бороволокна с алюминиевой матрицей составляет примерно 400^0С, а с титановой матрицей 600^0С.

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., ил.

2. Курганова, Ю.А. Конструкционные металломатричные композиционные материалы: учебное пособие / Ю.А. Курганова, А.Г. Колмаков. — Москва: МГТУ им. Баумана, 2015. — 141 с. — ISBN 978-5-7038-4082-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106298 (дата обращения: 13.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Мамедов, Г.В. Моделирование полимерных композиционных материалов / Г.В. Мамедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. №1. 2014. С. 39-42

4. Припадчев, А.Д. Сборочные процессы элементов летательных аппаратов: учебное пособие / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2017.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕБНОГО СТЕНДА

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

Рассматриваемый в данной статье вопрос является продолжением работы по разработке автоматизированного стенда для испытания систем управления расходом и давления жидкости [1]. В ходе реализации проекта планируется создать объект, который, во-первых, может использоваться в качестве оборудования для проведения испытания и проверки работоспособности элементов САУ и САР. Во-вторых, разрабатываемый объект может быть использован в качестве учебного оборудования для изучения: различных систем и способов управления, принципов построения подобного оборудования; технических средств, обеспечивающих работу автоматики и их сопряжение между собой; а также для обучения будущих специалистов по созданию управляющих программ для ПЛК, и проведения различных исследований в сфере АСУТП.

Одной из первых задач, решаемых при разработке автоматизированного стенда, стала задача по компоновке системы управления расходом жидкости.

На многих промышленных предприятиях требуется проведение точного измерения расхода жидкости. Но, помимо замера, часто возникает потребность в регулировании расхода. Процесс регулирования расхода жидкости, как и любая базовая система управления, включает в себя датчик и исполнительный механизм. В качестве датчиков используются расходомеры различных типов. Поскольку одна из целей работы – создание системы для изучения ТП и все что с ними связано, для расширения функционала разработки мы применили два вида расходомеров: тахометрический и электромагнитный. Выбранные средства измерения представлены на рисунке 1

а)

б)

Рисунок 1 – Подобранное оборудование

Тахометрические расходомеры (Рисунок 1а) очень часто используются в бытовых условиях, поскольку являются дешевыми и не требуют дополнительного питания, а также не отличаются высокой надежностью для промышленных измерений. Выберем прибор учета компании-производителя БЕТАР СГВ-20Д,

который имеет возможность дистанционной передачи данных. Согласно паспорту изделия, дистанционный выходной сигнал имеет параметры импульсов, представленные в таблице 1 [2].

Таблица 1 – параметры выходного сигнала

Цена деления одного импульса, $м^3$	0.01
Ток, мА	от 0.1 до 50
Напряжение, В	от 0.5 до 18

Электромагнитные расходомеры (Рисунок 1б) позволяют проводить измерения в большом динамическом диапазоне, работают с минимальными погрешностями, поэтому отлично подходят для дозированной подачи жидкой среды. В данной категории выберем продукцию группы компаний «Взлёт» - модификации «Лайт М», исполнения ЭРСВ-440ЛВ. Данный прибор имеет несколько конфигураций типов выхода, мы будем использовать импульсный, задав его параметры самостоятельно [3].

Так как приборы имеют импульсный выход, соответственно для получения расхода, необходимо производить подсчет импульсов с учетом их веса. Для этой цели можно применить ПЛК, но обязательным условием, в таком случае, должно являться наличие на его борту быстрых входов для организации работы счётчика. Второй нюанс заключается в принципе работы контроллера. Поскольку ПЛК работает по циклическому принципу и будет задействован не только для вычисления расхода, но и для управления другими процессами, может возникнуть ситуация, при которой часть информации с расходомеров будет теряться. Чтобы этого избежать, рассмотрим другой вариант: для вычисления расхода применим отдельный счетчик импульсов, обработанная информация с выходов которого будет отправляться на верхний уровень системы управления. Для этих целей мы применим счетчик импульсов СИ8 от компании ОВЕН, устройство которого представлено на рисунке 2.

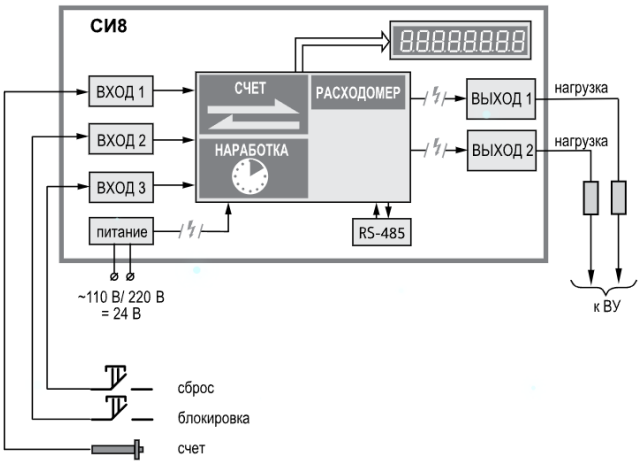


Рисунок 2 – Устройство счетчика импульсов

Благодаря наличию логического устройства, имеется возможность управления исполнительным механизмом. Данный прибор имеет интерфейс RS-485, что позволяет передавать показания на следующий уровень САУ. На рисунке 3 представлена схема узла регулирования расхода жидкости.

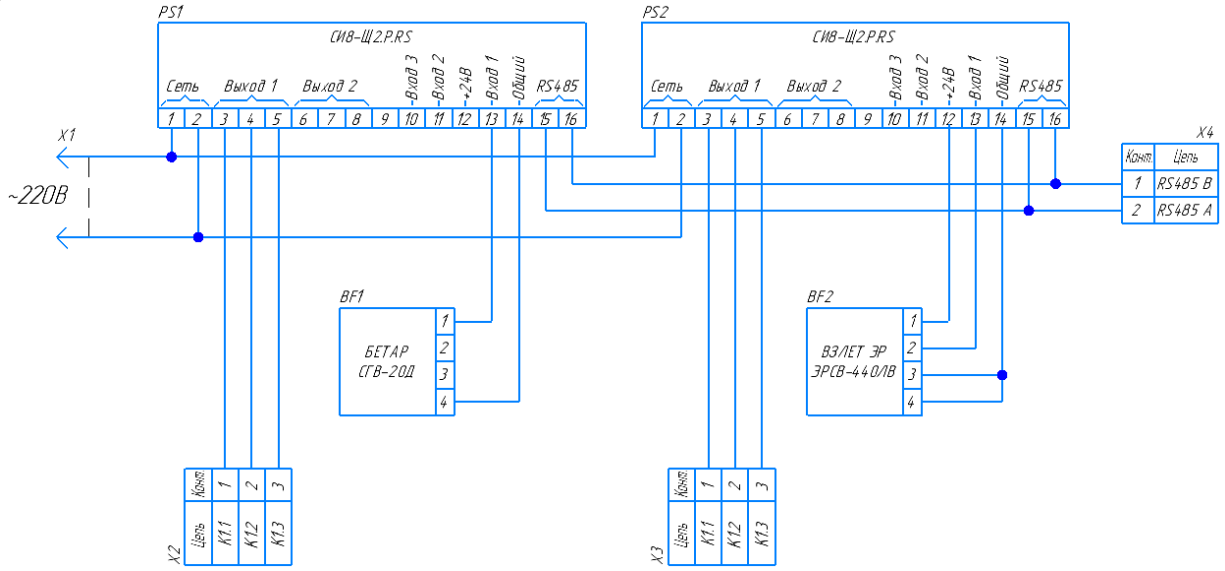


Рисунок 3 – Возможный вариант сопряжения оборудования

Схема соединения оборудования очень проста. Расходомеры подключаются непосредственно к своему счётчику импульсов, который формирует управляющее воздействие на объект управления. Для связи приборов с ПК задействован интерфейс RS-485. Каждому отдельному прибору СИ8 в настройках присваивается адрес прибора в сети и формат данных [4].

Таким образом, создав систему с рассмотренным выше оборудованием, проверив ее на практике, мы можем с уверенностью сказать, что одну из поставленных перед нами задач мы успешно решили и можно приступить к решению следующей.

Список литературы

1. Карякин, Н. В. Автоматизированный стенд для испытания систем управления расходом и давлением жидкости [Электронный ресурс] / Н. В. Карякин, Д. А. Проскурин // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов X Всерос. конф., нояб. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т" ; гл. ред. А. И. Сердюк. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ,2021. - . - С. 485-488. . - 4 с.

2. Бытовые счетчики воды СХВ и СГВ [Электронный ресурс]. – БЕТАР – Режим доступа: http://betar.ru/upload/iblock/4df/RE-SKHV-SGV_Obrazets.pdf.

3. Расходомер-счетчик электромагнитный ВЗЛЕТ ЭР (Лайт М) [Электронный ресурс]. – Группа компаний ВЗЛЕТ – Режим доступа: https://vzljot.ru/files/docs/electromagnitn_metod/lite/re2_er_xxxlfm_doc2_10.pdf .

4. СИ8 универсальный счетчик импульсов [Электронный ресурс]. – ОВЕН Оборудование для автоматизации. – Режим доступа: https://owen.ru/product/si8.

О ПРОБЛЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

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

Низкий уровень качества отечественной продукции относится к числу основных проблем и ограничений экономического роста в среднесрочной перспективе. На сегодняшний день оно значительно отличается от качества продукции промышленно развитых стран. Особенно остро эта проблема стоит перед предприятиями строительной отрасли. Одной из причин такого развития является отсутствие на многих предприятиях необходимых технологий, за счет которых повышается качество. К ним относятся информационные, конструкторские, метрологические подразделения, отделы стандартизации, управления качеством [1]. Сегодня многие предприятия стройиндустрии и их информационные технологии морально и физически устарели. Качество обмена данными между всеми процессами в системе управления оказывает непосредственное влияние на качество товаров и услуг предприятия. Поэтому в организационную структуру многих предприятий строительной отрасли внедряются испытательные центры (ИЦ), обеспечивающие соответствие качества продукции необходимым требованиям. Работу самого центра, и предприятия в целом определяет и координирует система управления качеством [2].

ИЦ регулирует оптимальное использование ресурсов, в том числе и в лабораториях, и обеспечивает качество проведения испытаний. Система управления качеством ИЦ состоит из: системы управления данными, механизмов обмена информацией между участниками, порядка сбора и обработки разнородных данных, обеспечения прослеживаемости работ, и формата предоставления результатов испытаний. ИЦ объединяет различных специалистов, экспертов, лаборатории, работающие над разными частями задачи, в одно целое.

Основной проблемой информации, обрабатываемой в системе управления, является ее разнородность. Информация может существовать в виде документов, в виде данных, хранящихся в информационных системах предприятия, а также в неявном виде – в головах сотрудников предприятия (навыки и приемы, инициативы по улучшению деятельности организации). Отсюда возникает неэффективный обмен данными внутри системы.

Из широкого спектра проанализированных методов [3], применяемых для решения этой проблемы, наиболее эффективный – автоматизировать систему или ее отдельные части. Автоматизация системы управления качеством повышает эффективность работы производства, снижает затраты и увеличивает скорость и точность процессов, протекающих в этой системе [4].

В качестве объекта исследования, в котором проблема неэффективного обмена данными является основной в системе управления качеством

испытательного центра, выбрано предприятие строительной отрасли ООО «Оренбургская бетонная компания». На рисунке 1 показана структурная схема системы.

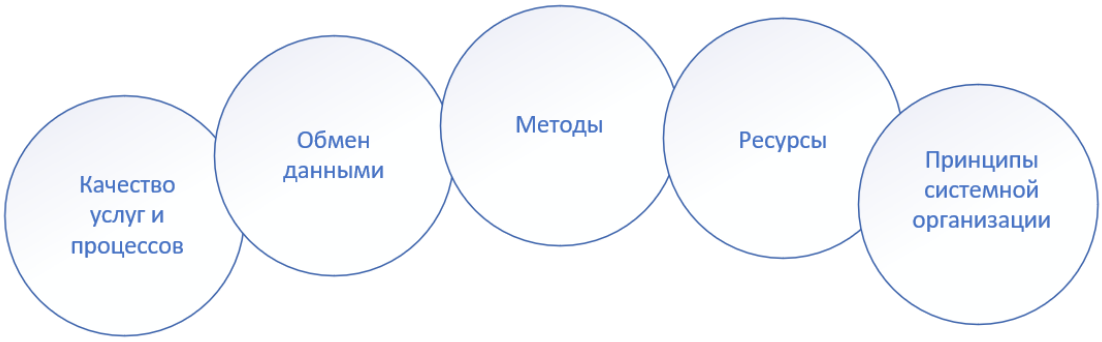


Рисунок 1 – Структура системы управления качеством ИЦ

Проведенное исследование показало, что в наиболее значимые причины, порождающие указанную выше проблему, входят такие категории системы как методы, среда, которая формирует персонал и каналы передачи информации между ним (рисунок 1) [5].

В систему управления качеством ИЦ ООО «ОБК» на данный момент входят не полнофункциональные информационные системы и документированная информация в бумажном и электронном виде.

В журнале внутреннего контроля точности результатов деятельности лаборатории содержится информация о дате, количестве, процедурах, результатах и условиях контрольных испытаний, фактически примененном оборудовании и средствах контроля, а также данные о результатах краткого анализа (оценки) выполненных испытаний. Оформление результатов испытаний, проведенных ИЦ, происходит в виде протокола испытаний. Одновременно с записью результатов в журнал данные заносятся в электронную систему.

Таким образом, основной проблемой в системе является отсутствие связи между контурами данных, а именно при их обмене, фиксации и анализе. Процесс автоматизации системы позволяет решить эту проблему, объединив контуры данных, которые ранее не были взаимосвязаны.

Автоматизация системы управления качеством состоит из нескольких этапов. На данный момент исследован первый этап, который включает в себя разработку архитектуры системы с учетом уровней и необходимой взаимосвязи между ними. Для этого составлено дерево требований, состоящее из двух частей: первая, отвечает за лабораторные процессы, вторая отражает функционирование процессов системы менеджмента качества, в состав которых входит управление документированной информацией.

Рисунок 2 отражает схематичное представление первого этапа автоматизации системы управления качеством ИЦ ООО «ОБК».

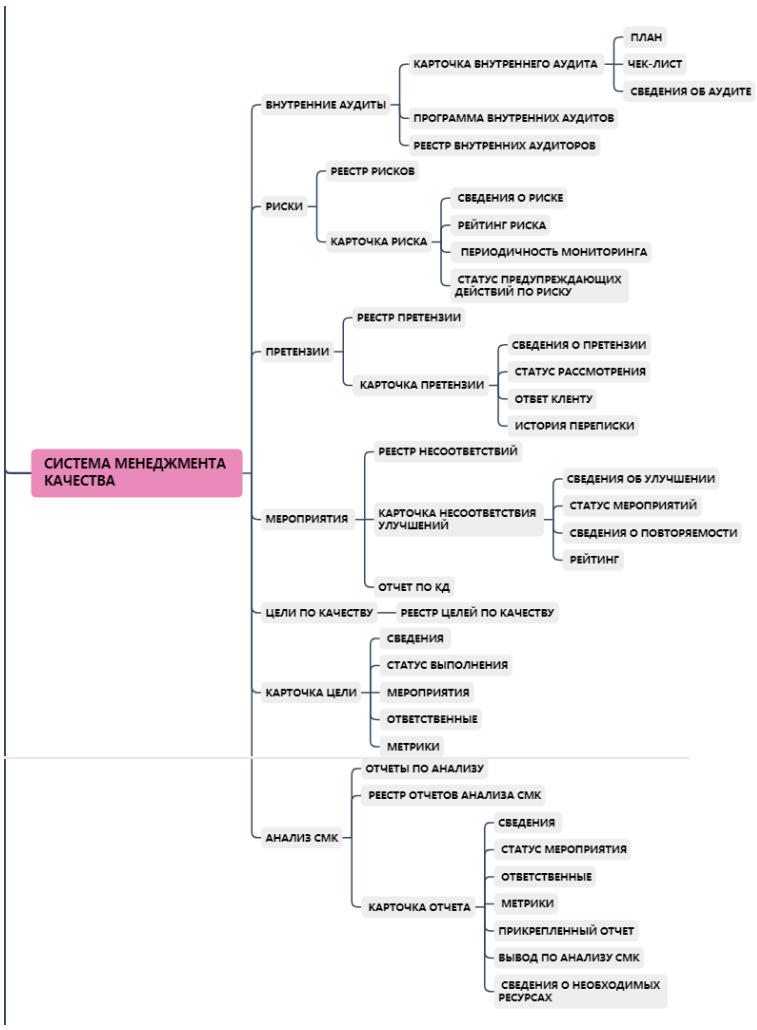


Рисунок 2 – Первый этап автоматизации системы управления качеством

Только после реализации этого основополагающего этапа возможно перейти к дальнейшей автоматизации системы. Следующие этапы включают в себя создание информационного обеспечения, модели базы данных и разработку интерфейса системы, с его внедрением в дальнейшем.

Таким образом в работе раскрыта проблема, связанная с обменом данными в системе управления качеством. Предложен путь решения проблемы в виде автоматизации процессов, протекающих в этой системе. В будущем это приведет к минимизации количества отчетности в бумажном виде, к повышению скорости протекания процессов в системе, к повышению эффекта обмена данными между сотрудниками, и обеспечит оптимальное использование информации, полученной от средств автоматизации.

Список литературы

1. Васильева, И.П. Совершенствование системы стандартизации организации на основе взаимодействия требований нормативных документов / И.П. Васильева // АВОК. – 2020. – №2. – 93–96 с.

2. Грудзинский, П.В. Система менеджмента качества испытательной лаборатории, проводящей сертификационные испытания электронной компонентной базы / П. В. Грудзинский – М.: МИСИ, 2018. – 198 с.

3. Шумилина, Н.А. Применение статистических методов в системе управления качеством: методические указания / Н. А. Шумилина, В. В. Тугов, Т. В. Гаибова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 78 с.

4. Системы промышленной автоматизации: учебное пособие/ А. И. Сергеев, А. М. Черноусова, А. С. Русяев, В. В. Тугов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 105 с.

5. 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.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ НАЛАДКЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК В КОНДУКТОРЕ

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

Актуальность применения кондукторов в машиностроении, как и в других отраслях объяснима: снижением себестоимости сверлильных работ; улучшением качества готовой продукции; ростом производительности труда. Использование кондуктора сокращает время, затрачиваемое на разметку и сверление, а также увеличивает точность обработки за счет уменьшения отвода сверла, и влияния биения шпиндельной накладки. В данной статье рассмотрено влияние различных погрешностей, появляющихся в процессе наладки оборудования и при обработке заготовок с использованием кондуктора, таких как погрешность установки станочного приспособления на станке, погрешность закрепления заготовки в станочном приспособлении и так далее.

Важным этапом при подготовке производства изделия является конструирование и производство станочных приспособлений, служащих для установки при обработке заготовок. От точности изготовления составных частей приспособления, их сборки, износостойкости и жесткости конструкции приспособления, а также точности позиционирования на станке приспособления в большой степени зависит точность и качество обработки заготовок.

Одним из способов определения параметра точности станочного приспособления является решение размерной цепи. Размерная цепь станочного приспособления показывает роль каждого звена в формировании точности выдерживаемого параметра на обрабатываемой заготовке. Однако при применении специального станочного приспособления оно разрабатывается заранее, следовательно параметры точности определяются аналитически.

Для определения погрешностей при изготовлении составных частей и сборки станочного приспособления значения погрешностей принимаются в соответствии со справочным данным или же значения всех составляющих вычисляются. Допуски форм и размеров принимаются в соответствии с чертежом детали или с карты технологического процесса изготовления изделия. При неуказанных отклонениях форм и размеров их величины принимаются согласно стандарту.

Погрешность базирования – это разница между заданным положением заготовки в станочном приспособлении и фактическим положением. Погрешность появляется в следствии разности в расположении измерительной и технологической базы под влиянием отклонений размеров формы и расположения поверхностей заготовки.

Отрицательное воздействие на точность установки оказывают отклонение формы и расположения поверхностей заготовки. Данное воздействие сильнее всего проявляет себя при установке по необработанным поверхностям.

Погрешность установки заготовки в станочное приспособление определяется соответствующим геометрическим расчетом, либо при проведении размерного анализа. Для уменьшения данной погрешности применятся принцип совмещения измерительной и технологической баз, также уменьшение зазоров между составными частями приспособления, заготовкой и базирующими элементами приспособления. Выбор рациональных схем базирования и правильной конструкции базирующих элементов так же снижает погрешность.

Воздействие сил закрепления обуславливает появление погрешности установки заготовки в станочном приспособлении и соответствует разнице между большим и меньшим смещением баз в направлении, соответствующем направлению требуемого размера.

При расчете погрешности возникающей в следствии воздействия усилия закрепления заготовки в станочном приспособлении учитываются следующие параметры:

– деформации в пятнах контакта сопряжения заготовки и приспособления;
– непостоянство сил закрепления;
– разность шероховатости поверхности заготовки;
– геометрические параметры установочных поверхностей заготовки;
– износ установочных поверхностей приспособления.

Опытным путем выяснено, что при постоянной силе закрепления с помощью механического привода станочного приспособления погрешность закрепления стремиться к нулю. Величина погрешности уменьшается при повышении жесткости стыков установочных элементов приспособления и поверхности заготовки, а также при увеличении жесткости составных частей приспособления и самого приспособления в целом.

При установке приспособления на станок (стол, шпиндель, планшайбу) появляется погрешность установки обусловленная наличием зазоров между соответственными сопрягаемыми поверхностями станка и станочного приспособления. При повышении точности установочных поверхностей уменьшаются зазоры, что положительно сказывается на величине погрешности. Также при установке приспособления на станок для уменьшения погрешности применяется метод подгонки посадочных мест приспособления к станку. При использовании в массовом производстве одного приспособления, без его переустановки на станке погрешность можно убрать настройкой станка. В серийном производстве при соблюдении всех правил при переустановке приспособлений можно добиться величины погрешности в пределах от 0,02 до 0,05 мм.

Отличительной особенностью кондукторов от других станочных приспособлений является дополнительная погрешность, связанная с взаимным центрированием инструмента и втулок кондуктора. Применение сменных втулок в кондукторе обуславливает большее отклонение от заданного размера, нежели кондукторы без сменных втулок. Также применение установочных, центрирующих и различных соединений негативно сказывается на параметре погрешности кондуктора.

Точность обработки отверстия с использованием кондуктора зависит от следующих факторов:

– расстояния между нижним торцом втулки и заготовкой;

– глубины сверления;

– отклонения расстояний между центрами отверстий в кондукторной плите;

– величины зазора между направляющим пояском (центрирующим пальцем) кондукторной плиты и базовым отверстием заготовки;

– величины зазора в посадочном отверстии сменной рабочей втулки;

– величины зазора в направляющем отверстии рабочей втулки под инструмент;

– эксцентриситета рабочей втулки;

– длины направляющего отверстия рабочей втулки;

– величины зазоров в подвижных соединениях.

При изготовлении направляющих элементов кондуктора, в следствии неточности из изготовления, а также неточности изготовления всех элементов кондуктора возникает погрешность положения отверстий. Настройка осевого инструмента относительно заготовки также оказывает отрицательное влияние на данную погрешность. На точность настройки инструмента влияет кинематическая и геометрическая точность механизмов движения, применяемых в станке. Отрицательное влияние оказывает и погрешность при установке режущего инструмента в исполнительный механизм станка.

При анализе точности механизмов движения станка во внимание принимаются сразу несколько факторов: кинематическая точность механизма, геометрическая точность механизма, износ составных частей механизма перемещения, точность прибора измерения движения соответствующего механизма. Геометрические параметры обрабатываемого отверстия оказывают влияние на выбор диаметра инструмента, который будет использован при обработке данного отверстия.

При обработке отверстий с помощью кондуктора, функцию направления инструмента выполняют кондукторные втулки, вследствие чего появляется смещение оси инструмента и/или его перекос. При обработке отверстий на плоскости заготовки, перпендикулярной оси инструмента имеет место лишь смещение оси. При обработке отверстия на криволинейных или наклонных поверхностях относительно оси инструмента к смещению оси инструмента добавляется его перекос. При обработке отверстий при помощи кондуктора так же имеет место износ кондукторной втулки, для уменьшения данного износа, при конструировании приспособления предусматривается зазор между плоскостью плиты кондуктора и плоскостью обрабатываемой заготовки.

Список литературы

1. Дмитриев В.А., Немыткин С.А. Расчет приспособлений на точность: учеб. пособ. / В.А. Дмитриев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 90 с.: ил.

2. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. пособие / В.Е. Антонюк.- Минск: Беларусь,1991. – 398 с.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА

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

В настоящее время в мире создан и применяется обширный список жаропрочных сплавов, которые отличаются друг от друга свойствами, структурой, химическим составом. По большей части выделяют литейные сплавы. Сфера их применения достаточно обширна – современные жаропрочные сплавы зарождают существенно новые конструкции и технологии в разных отраслях машиностроения, ракетной техники, авиакосмической техники, медицины, приборостроения и др.

Главная задача современного производства заготовок и деталей из литейных сплавов – уменьшение их трудоемкости и повышение коэффициента использования металла.

Среди всех видов заготовительных производств литейное занимает ведущее место, обеспечивая коэффициент использования материала до 70–90%. Существующие технологии позволяют изготавливать отливки массой от нескольких граммов до 100 и более тонн. На сегодняшний день литейные производства существуют в виде самостоятельных литейных заводов, в виде цехов (участков) машиностроительных производств, металлургических комплексов, горно-обогатительных комбинатов, судостроительных компаниях, ремонтно-механических заводов и т.д. Их структура зависит от номенклатуры изготавливаемых отливок и необходимого их количества. Все это оказывает влияние на применяемую технологию изготовления форм, а именно: разовые песчано-глинистые формы, формы из холодно-твердеющих смесей, формы из жидкостекольных смесей, оболочковые формы и т.д.

Интенсификация и развитие новых технологических процессов в промышленности стимулируют потребность материалов с более высокими служебными характеристиками. В отраслях, где рабочие среды характеризуются высокой агрессивностью, при повышенных температурах, когда коррозионностойкие сплавы недостаточно стойки, разработана большая группа сплавов на основе никеля.

Сплавы, содержащие никель, подразделяются на жаропрочные сплавы жаростойкие сплавы.

В производстве чаще используют жаропрочные сплавы, относящиеся к системе никель–хром–титан–алюминий. Содержание алюминия и титана в сумме, превышающей их предельную растворимость в твердой смеси при температурном воздействии 650–950^{0}С, после закалки и отпуска дает эффект дисперсионного отвердевания, вследствие выделению частиц соединения типа нитрид трииода Ni_3. В результате чего сталь становится устойчивой при

температурном воздействии 700–800^0 С и выше. Жаропрочные никелевые стали выпускают в форме поковок и прутков круглого сечения и в форме [2].

Введение в дисперсионно-твердеющие жаропрочные стали молибдена и вольфрама (в сумме до 10%), а также ниобия замедляет развитие диффузионных процессов, упрочняет твердую смесь, повышает величину упрочняющего дисперсного образования. Количество дисперсного образования увеличивают также путем увеличения суммарного содержания титана и алюминия, что приводит к существенному возрастанию жаропрочности сталей, что обеспечивает их применение при температурных воздействиях до 800-850^0 С и высоких напряжениях.

Выделяют следующие особенности состава жаропрочных сталей на основе никеля:

– присутствие в них добавок поверхностно-активных элементов (бор, церий, реже барий и магний), способствующие рафинированию металла и упрочнению границ зерен;

– содержание в них примесей (сера, фосфор, свинец и др.).

Термообработка жаропрочных сталей состоит в одинарном или двухступенчатом нагреве до высоких градусов (1080–1200^0 С) с охлаждением на воздухе и последующем отпуске при температурном воздействии 700-850^0 С. Многоступенчатый отпуск следует проводить для деталей с продолжительным сроком службы, понемногу уменьшая градус, для максимальной стабилизации исходной структуры [3].

Жаропрочные высоколегированные стали в основном используются в производстве рабочих лопаток и дисков газовых турбин. К материалу диска предъявляются такие требования, как: высокое сопротивление ползучести, высокая повышенная прочность, потому что диски работают при более больших напряжениях, в отличие от лопаток, но при несколько пониженном температурном воздействии.

До 800–900^0 С включительно прочность сталей на никелевой основе остается высокой. К примеру, при 800^0 С временное сопротивление $б_в$ наиболее легированных сталей равно 700–800 МПа, 100-часовая продолжительная прочность – 250–300 МПа. А характеристики пластичности δ и ψ при всех температурах испытания, наоборот, удовлетворительны и немного уменьшаются в температурном промежутке дисперсионного твердения (700–800^0 С). Остаточная деформация этих сталей при испытаниях на продолжительную прочность при 700–800^0 С равняется 3–10% [1].

ВЖЛ12У (бывший ВЖЛ12У-ВИ) – сплав жаропрочный литейный на никелевой основе. Сплав разработан специалистами Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов.

Важным фактором получения качественной отливки является выбор литейного оборудования. Для изделий из жаропрочных сплавов предпочтительно использование вакуумных индукционных установок.

Вакуумная индукционная установка используется при литье изделий с поликристаллической конструкцией из жаропрочных сталей для серийного изготовления и для отработки трудных технологий в опытном производстве.

Необходимость изготовления новой вакуумной литейной установки определяется следующими задачами:

– повышение производительности труда, удобства технического обслуживания;

– повышение требований безопасности, качества выплавляемого металла,

– увеличение надёжности при коэффициенте загрузки 0,9–0,95;

– снижение расхода электроэнергии, воды, воздуха на 1 кг жидкого металла (операционные затраты) [4].

Установка УППФ-У обеспечивает повышение технического уровня, расширение технологических возможностей, увеличение эксплуатационной надежности, придание интеллектуальных функций управления действующей установки УППФ-3М.

В литейном производстве для изготовления деталей «лопатка» используют УППФ (рисунок 1) разных типов конструкции плавильных камер, не имеющих значительных различий.

Рисунок 1 – Установка вакуумная плавильная УППФ

Параметрами технологического процесса являются: глубина вакуума в камере; температура металла перед сливом в литейную форму; температура металла по ходу плавки; температура печи подогрева. Контроль натекания осуществляется на холодном тигле. Глубина вакуума в плавильной камере – $(5–20)\cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Проведение анализа литейного оборудования, оснастки, форм для литья позволят провести: разработку технологического процесса термической обработки сплава ВЖЛ12У; произвести выбор заготовок деталей и методов их изготовления из данного сплава; спроектировать установочные приспособления для контроля отливок. Это позволит обеспечить требуемое качество ответственных отливок.

Список литературы

1. Осинцев, О.Е. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе. Учебное пособие / О.Е. Осинцев – М.: Машиностроение, 2013. – 156 с.

2. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 2015. – 1216 с.

3. Попов, А.А. Материаловедение. Монокристаллические жаропрочные никелевые сплавы. Учебное пособие / А.А. Попов. – М.: Юрайт, 2017. – 162 с.

4. Сидоров, В.В. Металлургия литейных жаропрочных сплавов. Технология и оборудование / В.В. Сидоров, Д.Е. Каблов, В.Е. Ригин. – М.: ВИАМ, 2016. – 368 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ СТАНКОВ

Селезнев М.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Введение

В направлении развития современного машиностроения, а в частности и станкостроения, большое внимание уделяется снижению металлоемкости. В станочных системах большая часть массы (80-85% массы станка) приходится на несущие элементы – станины, опоры, основания, корпусные детали и т.д. Выбор правильного сечения и типа конструкций таких систем основан на двух главных требованиях – жесткость и виброустойчивость. Эти требования обусловлены необходимостью обеспечения точности при работе станка, однако выполнение этих требований, при существующих способах проектирования и изготовления, ведет к большому перерасходу металла. К тому же, тяжелые станки становится труднее транспортировать, перемещать, устанавливать. Таким образом, необходим поиск новых способов проектирования и изготовления несущих систем станков, которые будут экономически оправданы и благодаря которым уменьшение массы станка, скажется на его жесткости и виброустойчивости в допустимых для нормальной работы пределах.

Существующие способы изготовления несущих систем

В настоящее время несущие системы станков изготавливаются в виде литой или сварной конструкции. В качестве материала обычно используют низкоуглеродистые стали или чугун (СЧ 32, СЧ 40, СЧ5 2). В основном применяются литые чугунные конструкции вследствие низкой стоимости и способности металла принимать широкий диапазон форм при литье.

Сварные стальные конструкции не нашли широкого применения, так как из них изготавливаются относительно простые формы, они подвержены влиянию сварочных деформаций и трудоёмки в изготовлении по сравнению с литьем. Их изготовление оправдано при мелкосерийном и не крупногабаритном производстве («настольные» станки) или если станок работает при очень больших и, особенно, ударных нагрузках. Для сварных конструкций в основном применяется сталь марок: Ст.3 и Ст.4 .

К достоинствам сварных конструкций по сравнению с литыми чугунными относятся: меньший вес, вследствие большего модуля упругости стали, чем у чугуна, и возможность применения более совершенных с точки зрения жесткости форм; меньшая трудоемкость механической обработки; возможность исправления дефектов конструкции, вследствие большей пластичности стали;

ускорение процесса производства; общая жесткость при одинаковых формах у сварных конструкций в два раза выше, чему литых [1].

Форма станин разнообразна (рисунок 1), она зависит от требований жесткости, виброустойчивости, размещения навесных узлов, направляющих, характера удаления стружки, расположения охлаждающей системы и т.д. И так как при их изготовлении больше учитывается удобству изготовления, то такие конструкции станин имеют ненагруженные участки, а, следовательно, повышенный расход металла, поэтому необходим поиск дополнительных способов решения данной проблемы.

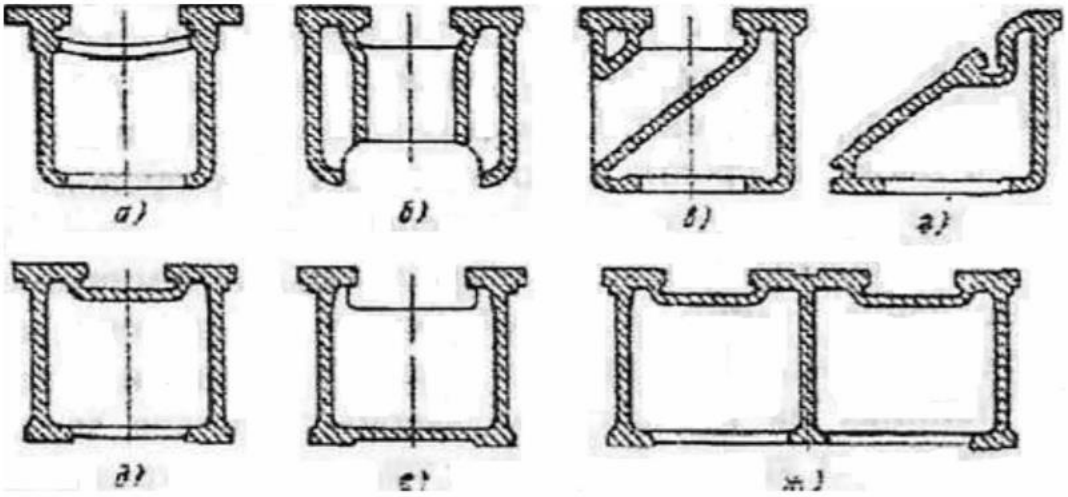


Рисунок 1 - Виды конструкций станин

Применение топологической оптимизации

В настоящее время в производствах все больше внедряются аддитивные технологии, изготавливаются реальные детали различных рабочих узлов. В связи с этим стали доступны новые методы создания объемных конструкций, деталей. Одним из таких методов является генеративный дизайн.

Генеративный дизайн — подход к проектированию, при котором программное обеспечение компьютера выполняет часть работы по проектированию, при некоторых способах, само создает облик и конфигурацию будущего изделия с учётом начальных и граничных условий (ограничения перемещения, пространственные ограничения, ограничения по массе и т.д.). На сегодняшний день в генеративном дизайне можно выделить два основных направления: решетчатая оптимизация и топологическая оптимизация. Основной задачей генеративного дизайна является снижение массы проектируемого изделия, также сюда можно отнести ускорение проектирования за счет автоматизации (полной или частичной) процесса. Применение генеративного дизайна стало возможным благодаря внедрению в расчет таких

математических методов, как метод конечных элементов, метод конечных разностей, бессеточный метод, а также специальных методов оптимизации [2-3].

В данной статье рассматривается применение топологической оптимизации. Топологическая оптимизация [4] на этапе проектирования помогает найти вариант дизайна конструкции с наиболее рациональным распределением материала и пустот в объёме, и таким образом - заметно снизить его массу.

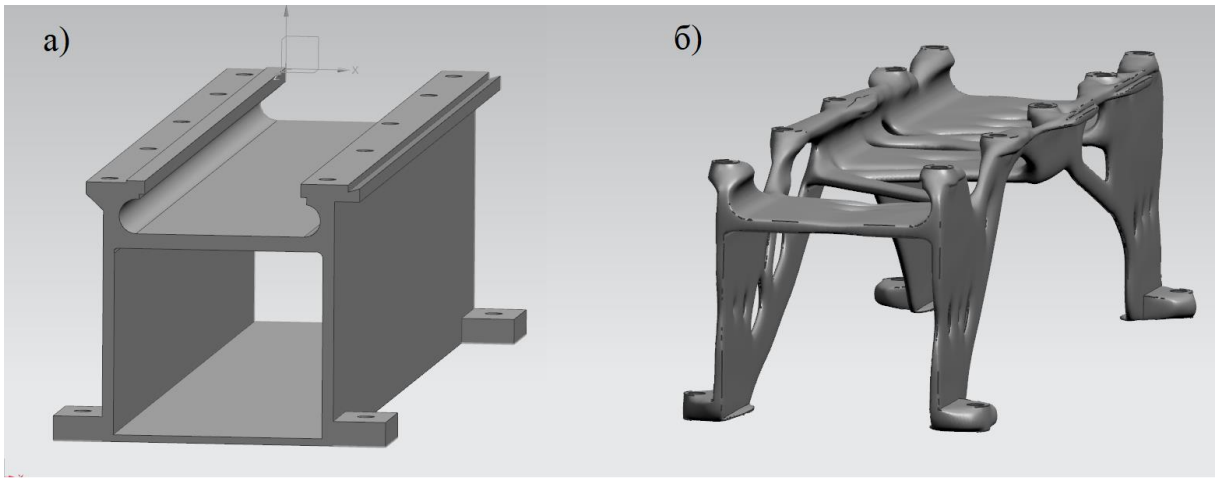


Рисунок 2 - Вид станин (а - до, б - после оптимизации)

В качестве объекта оптимизации, для примера, выбрана несущая система - станина токарного станка (рисунок 2-а). Оптимизация проводилась в программном комплексе Siemens NX. После оптимизации программа выдает фасетное тело, которое необходимо преобразовать в конвергентное. На этом этапе можно устранить некоторые дефекты, допущенные программой, обрезать, или сгладить некоторые области. На рисунке 2-б вид станины после топологической оптимизации, получившаяся конструкция в 2 раза легче исходной.

В работе [5] в результате оптимизации конструкции многоцелевого станка, которая проводилась методом конечных элементов и методами оптимизации без использования вычислительных машин, динамический анализ станка показал, что имеет место уменьшение податливости на 30 % в направлении наибольшей составляющей силы резания и снижение массы на 17 % по сравнению с серийным вариантом.

Для внедрения топологической оптимизации в производство несущих систем станков требуется комплексное рассмотрение поведения полученных конструкций в реальных рабочих условиях, проведение динамических расчетов с адекватной динамической моделью, проверенной экспериментальными методами. Современное программное обеспечение помимо самой оптимизации предоставляет доступ и к симуляции работы готовых моделей. Кроме того, стали доступны варианты оптимизации формы (с дополнительным внесением корректировок) под литьё, механическую обработку, а не только под аддитивное производство, что увеличивает сферу её применения. Поэтому, комплексное

изучение и развитие проектирования несущих систем станков при помощи топологической оптимизации представляет большой практический интерес в направлении станкостроения.

Список литературы

1. Кирилин Ю. В. Расчет и проектирование базовых деталей и несущей системы металлорежущих станков : учебное пособие / Ю. В. Кирилин. – 2-е изд., исправ. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 20009. – 76 с.

2. Allaire G., Jouve F., Michailidis G. Casting constraints in structural optimization via a level-set method // 10th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization. Orlando, United States, 2013.

3. Doctor Y.N., Patil B.T., Darekar A.M. Review of Optimization Aspects for Casting Processes // International Journal of Science and Research (IJSR), 2015, vol. 4(3), pp. 2364–2368

4. Останин, И. Топологическая оптимизация [Электронный ресурс] / И. Останин. — 2018. — URL: https://postnauka.ru/faq/84374 (дата обр. 05.12.2021).

5. Атапин В.Г. Улучшение технических характеристик многоцелевых станков при проектировании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 61–69. – doi:10.17212/1994-6309-2019-21.1-61-69.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА БУРОВЫХ УСТАНОВОК

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

Современное промышленное производство в настоящее время подразумевает согласованность всех действий, осуществляемых на производственных предприятиях в процессе их деятельности. Обеспечение комплексности и систематизации всех действий в процессе производства и эксплуатации выпускаемых промышленными предприятиями изделий выполняется посредством применения современных CALS-технологий – технологий информационной поддержки последовательных этапов жизненного цикла изделий.

CALS-технологии представляют собой особый набор программных сред и программ, призванные обеспечивать интеграцию промышленных систем в объединенную комплексную систему, обеспечивающие многопрофильные функции управления процессами промышленного производства на современных предприятиях. Основная цель применения CALS-технологий на современных предприятиях заключается в оптимизации работы всех систем, что в конечном итоге приводит к росту общей эффективности работы предприятия.

В условиях постоянно меняющихся экономических и нормативных требований нефтегазовым компаниям необходимы более эффективные способы мониторинга, управления и обслуживания своих активов, а также обеспечение безопасности своих сотрудников.

IBM предлагает несколько решений, использующих CALS-технологии, для управления активами предприятия и управления эффективностью активов.

IBM Maximo Oil and Gas, часть набора приложений IBM Maximo, помогает повысить безопасность, надежность, экологические и операционные показатели, снизить риски и повысить отдачу от активов.

Основанное на технологии Maximo, лидере рынка более 30 лет, это решение позволяет централизованно и эффективно управлять всеми активами предприятия, такими как буровые установки, скважины, трубопроводы, насосы, автопарки и заводы.

Возможности Maximo Oil and Gas:

– осуществление информационной поддержки всех видов активов в области добычи и переработки нефти и газа с помощью встроенных моделей процессов и данных;

– информирование о меняющихся бизнес-требованиях и нормативных требованиях с помощью настраиваемого решения, оптимизированного для целей безопасности имущества и людей;

– расширенное планирование и диспетчеризация в зависимости от пространственных, линейных, метеорологических или других данных.

Компании, использующие IBM Maximo:

– Hub Power Company Limited;
– Kuwait Oil Company;
– Cheniere Energy, Inc.

Важнейшим направлением работы в области увеличения производительности современных буровых установок являются следующие основные направления:

– совершенствование управляющих технических средств;
– развитие систем приводов;
– разработка систем обеспечения надежности работы буровой.

Последнее направление особенно сильно связано с таким специальным направлением, как проектирование буровых установок.

Остановимся на современных системах автоматизации проектирования (САПР).

САПР представляет собой особый технологический подход, при котором процесс проектирования характеризуется непрерывностью и взаимосвязанностью технических и информационных потоков в тесной связи их с человеко-машинным управлением. Особо следует отметить, что САПР представляет собой не просто набор программ, а специализированную компенсированную среду, в которой все функции, исполняемые как человеком-оператором, так и машинными системами, распределены с точки зрения эффективности и обоснованности.

Далее рассмотрим пример внедрения САПР на действующих промышленных предприятиях.

«Рудгормаш» - российская машиностроительная компания. Основная специализация – производство и продажа техники для горных работ. Особенностью работы данной компании является то, что оно имеет собственное конструкторское бюро, обслуживающее заказы как российский, так и зарубежных партнеров. В конструкторском бюро «Рудгормаш» создаются буровые установки для различных условий работы и, как правило, по индивидуальному заказу.

Данная компания внедрила в своем конструкторском бюро САПР (разработчик – компания АСКОН), что позволило предприятию в значительной степени увеличить производительность своей деятельности, разработав за последние несколько лет больше оборудования, чем за все предыдущие годы существования компании.

Короткие сроки проектирования были в первую очередь обеспечены наличием базы 3D моделей и конструкторско-технологической документации. «Использование 3D моделей при проектировании позволило одновременно с резким сокращением сроков работ повысить качество изготавливаемой продукции. И сегодня уже никого в цехе не удивляет, когда конструктор в ответ на поставленный вопрос демонстрирует возможности 3D-моделирования», — заявил Владимир Глазунов, начальник СКБ бурового оборудования «Рудгормаша».

Product Data Management (PDM) – представляет собой специализированное программное обеспечение, предназначение которого заключается в управлении

данными об изготавливаемых изделиях и сопутствующей информации в едином центре обработке информации. Данная информация включает в себя показатели, необходимые для проведения автоматизированного проектирования (САПР), информацию о деталях, производственные инструкции, требования, модели, примечания и документы.

PDM-системы часто сравнивают с EDM-системами (электронным документооборотом). Однако PDM-системы отличаются тем, что позволяет взять на себя управление моделями CAD-систем, в отличие от классического EDM.

Преимущества использования PDM-систем:

– возможность быстрого нахождения необходимых данных;

– повышение производительности и сокращение времени производственного цикла;

– сокращение ошибок и затрат на разработку изделий;

– координация цепочки создания стоимости;

– проверка соответствия бизнес-требованиям и нормативным требованиям;

– оптимизация операционных ресурсов;

– облегчение сотрудничества между удаленными командами;

– наглядность для лучшего принятия бизнес-решений.

ООО «Нефтяная электронная компания» (Полазна, Пермский край) выпускает специализированные станции управления при помощи погружных и штанговых насосов с целью добычи нефти. Помимо этого, предприятием выпускается, также, высоковольтное оборудование для целей тестирования кабельной продукции, частотные преобразователи различных мощностей, системы телеметрии и другое электротехническое оборудование общепромышленного назначения. Некоторые уникальные для российского рынка устройства, разработанные в конструкторском отделе компании, несут в себе инжиниринговые «ноу-хау». Рост объема заказов, необходимость оптимизации инженерных бизнес-процессов, бережное отношение к авторским наработкам и понимание важности накопления опыта подтолкнули «НЭК» к поиску решения, которое бы позволило совершить качественный рывок в процессах проектирования, учета и хранения конструкторской документации.

ЛОЦМАН:КБ обладает простым и интуитивно понятным интерфейсом. Данное обстоятельство создает пользователям возможность как можно быстрее и менее затратно адаптироваться к новой системе.

Состав любого изделия в ЛОЦМАН:КБ формируется в виде «дерева», по которому очень наглядно и удобно оценивать его наполнение. При этом благодаря Панели файлов конструкторы могут вести коллективную разработку, опираясь на заложенные в систему принципы сохранения всех версий документов и файлов. А с помощью функции интеграции системы с САПР КОМПАС можно автоматически (а значит быстро) формировать состав на основе готовой спецификации изделия.

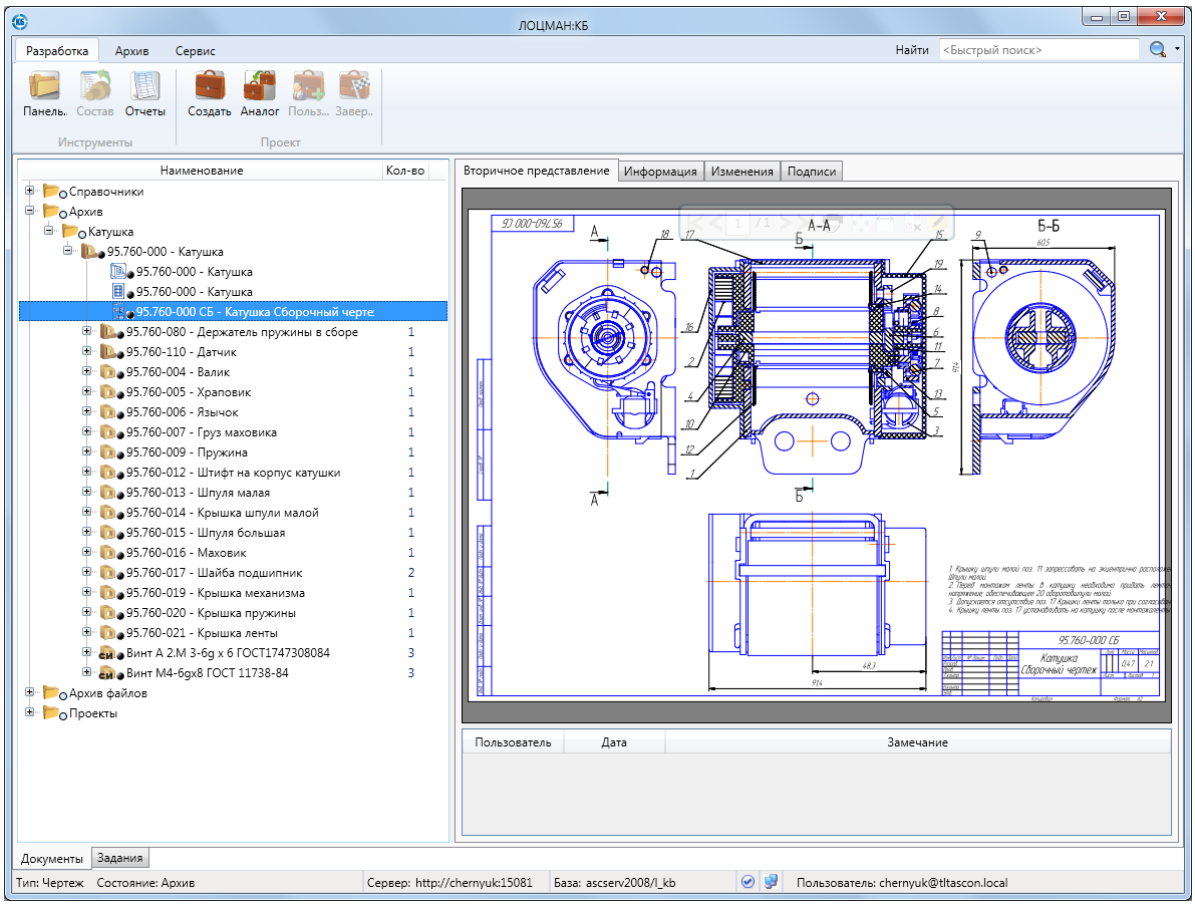


Рисунок 1 – Главное окно ЛОЦМАН:КБ

В инжиниринговом бизнесе — и «НЭК» не исключение — интеллектуальная собственность зачастую имеет более высокую ценность, чем произведенный на ее основе продукт, ведь без нее невозможно создать изделие, которое бы пользовалось спросом на рынке. Реализованное в ЛОЦМАН:КБ вторичное представление конструкторской документации как части этой интеллектуальной собственности позволяет ограничить доступ к исходным файлам, предоставляя при этом возможность зависимым службам и производству в любой момент времени получать полную информацию о конкретном изделии.

Развитие единого информационного пространства и применение CALS технологий в соответствии с описанными в данной работе принципами и направлениями может позволить:

– существенно повысить качество информационной поддержки всех протекающих процессов управления в различных областях промышленной отрасли путем своевременного предоставления актуальной и достоверной информации;

– заметно упростит бизнес-сотрудничество в рамках промышленных предприятий вне зависимости от деятельности за счет применения международных стандартов;

– повысит общую гибкость бизнес-процессов.

Список литературы

1. Акимов, С. В. Теоретические основы CALS / С. В. Акимов, Г. В. Верхова, Н. П. Меткин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный

2. Трипкош, В. А. Место и роль технологий распознавания ситуаций при разработке и принятии управленческих решений в информационно-управляющих системах предприятий и организаций / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // 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. 310-315.

3. Neurofuzzy model of formation of knowledge bases for selection of geological and technical measures in oil fields / O. Y. Panischev, E. N. Ahmedshina, D. V. Kataseva [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13. – No 11. – P. 3589-3595.

4. Клочков, В. В. Организационно-экономические аспекты внедрения CALS-технологий в авиационном двигателестроении / В. В. Клочков // Технология машиностроения. – 2006. – № 5. – С. 81-86.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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

Особенностью современного машиностроительного производства является необходимость частой сменяемости номенклатуры выпускаемой продукции, вызванной спросом рынка. Одной из основных задач технологической подготовки производства является обеспечение освоения выпуска нового изделия в короткие сроки и с наименьшими затратами.

Затраты инженерного труда на проектирование технологических процессов (ТП) одна из основных составляющих в трудоемкости подготовки производства. Отсюда следует актуальность и необходимость в автоматизации разработки ТП.

В настоящее время на отечественных машиностроительных предприятиях для проектирования ТП широко используются следующие системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП): «Вертикаль», «СПРУТ-ТП», «ТехноПро» и др.

Все вышеперечисленные САПР позволяют осуществлять разработку ТП на основе имеющихся аналогичных техпроцессов, с использованием библиотеки конструкторско-технологических элементов (КТЭ), с заимствованием ранее разработанных ТП, а также используя диалоговый режим проектирования с использованием баз данных системы. Но несмотря на это, технологам все же приходится проектировать ТП практически вручную, что увеличивает трудозатраты, а также не исключает вероятности ошибки (человеческий фактор).

Многие исследователи занимались вопросами автоматизации проектирования ТП. Рассмотрим результаты исследований некоторых из них.

В 2008 году Е.И. Махаринский, Н.В. Беляков и Ю.Е. Махаринский [1] в своей статье предложили четко разграничить понятия реального и проектного базирования, теоретической схемы базирования и схемы установки при конструкторской разработке, последующей механической обработке деталей, сборке узлов и контроле для превращения положений теории базирования в инструмент для формализации проектирования технологических процессов механической обработки в машиностроении.

В 2010 году в результате проведенного анализа современных САПР ТП И.Н. Фроловой и О.И. Кутиловой [2] была выявлена потребность в разработке САПР ТП на основе метода синтеза технологического процесса. Суть данного метода в алгоритмическом формировании ТП на основе имеющегося геометрического описания детали. Развитие CAD-системы позволяет присваивать поверхностям 3D-моделей технологические атрибуты, которые могут быть использованы в качестве параметров в сформированной структуре ТП. База данных оборудования и оснастки в PDM-системе предприятия позволяет без дублирования

информации использовать предложенный метод в едином информационном пространстве предприятия.

В 2011 году Ю.Р. Копылов и Е.П. Гордиенко [3] в своей статье привели несколько примеров подходов, которые были реализованы в САПР ТП «Вертикаль». Также они рассмотрели основные тенденции развития автоматизации проектирования технологических процессов с применением средств САПР.

В 2012 году М.С. Черников и Д.Ю. Шабалкин [4] разработали обобщенную функциональную модель САПР ТП/САРР-системы. Авторами усовершенствовали автоматизированную систему технологической подготовки производства за счет интеграции данных автоматизированных систем управления различной функциональности, тем самым повысив качество изготовления изделий и уменьшив время на подготовку производства.

В 2016 году Говорковым А.С. [5] был предложен алгоритм автоматизированного анализа трехмерной модели изделия, выполненной в системе, для выявления и формализации значимых параметров изделия. За основу для выбора технологии производства изделий в своей работе он взял конструктивный элемент, используя его в качестве дискретного элемента детали. Также, Говорков А.С. подробно описал общую функциональную структуру разрабатываемой системы, при помощи которой осуществлялось формирование маршрутной карты изготовления изделия с учетом производственных технологических данных, структурированных в базе данных и знаний. Внедрение данной системы в производство привело к значительному снижению цикла технологической подготовки изделий. Вышеуказанная система была применена в производстве авиационной техники нового поколения.

В 2017 году Акулович Л.М. и Ермашкевич Д.Б. [6] предложили комбинированный метод автоматизированного проектирования ТП. При использовании данного метода часть ТП формируется в автоматическом режиме с применением комплексных ТП, а оставшаяся часть – методом структурного синтеза с использованием КТЭ. Был разработан алгоритм функционирования комбинированного метода. Этот алгоритм был использован при разработке «Автоматизированной системы подготовки производства предприятия по выпуску оборудования для механизации сельскохозяйственных работ». Благодаря внедрению системы получилось осуществить сквозное автоматизированное проектирование ТП изготовления деталей из металлопроката и существенно сократить сроки подготовки производства, а также сэкономить материал примерно на 10 %.

Учитывая высокий уровень распространения САПР КОМПАС-3D и САПР ТП Вертикаль, можно взять за основу предложенный в работе Акуловича Л.М. и Ермашкевича Д.Б. комбинированный метод и разработать алгоритм составления ТП изготовления изделий в САПР ТП Вертикаль на основе 3D-модели, выполненной в КОМПАС-3D.

Данный алгоритм можно использовать для автоматизации системы проектирования технологических процессов и применить на машиностроительных предприятиях в единичном производстве, в частности, на АО «Завод бурового оборудования» при изготовлении буровых установок. Импортозамещение

буровых установок требует изготовление новых изделий. Также в последнее время растет потребность буровых установок различного назначения и применения: подземные установки для колонкового бурения; надземные установки для колонкового бурения; буровые установки на гусеничном ходу; установки для бурения в морском исполнении; станки направленного бурения; геотехнические буровые установки и др. В связи с этим, установки являются оригинальными и требуют индивидуальной технологической подготовки производства. В то же время номенклатура узлов и деталей буровых установок достаточно широкая (в каждой буровой установке насчитывается от 1500 до 2000 деталей собственного изготовления). Автоматизация проектирования ТП изготовления деталей буровых установок значительно облегчит трудозатраты инженеров-технологов, приведет к сокращению сроков на составление ТП и исключению ошибок, тем самым повышая эффективность и подтверждая актуальность данного проекта.

Список литературы

1. Махаринский Е. И. Теория базирования в проблеме проектирования технологических процессов механической обработки / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков, Ю. Е. Махаринский // Вестник машиностроения. – 2008. – № 9. – С. 34-45.

2. Фролова И.Н. Анализ современных систем автоматизированного проектирования технологических процессов САПР ТП/ И.Н. Фролова, О.И. Кутилова // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева №1(80), – 2010. – С. 91-94.

3. Копылов Ю.Р. Актуальное направление разработки и совершенствования САПР технологических процессов / Ю.Р. Копылов, Е.П. Гордиенко // Воронежский государственный технический университет, - 2011.- С. 26-28.

4. Черников М.С. Совершенствование автоматизированной системы технологической подготовки производства на основе интеграции данных автоматизированных систем управления различной функциональности / М.С. Черников, Д.Ю. Шабалкин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.14, №4(2), - 2012.- С. 540-544.

5. Говорков А.С. Разработка автоматизированной системы проектирования технологических процессов изготовления изделия машиностроения на основе трехмерной модели / А.С. Говорков, Ха Ван Чьен // Журнал ИрГТУ. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование № 4 (52) 2016. – С.48-56.

6. Акулович Л.М. Комбинированный метод автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей машин из металлопроката / Л.М. Акулович, Д.Б. Ермашкевич. – Вестник Белорусско-Российского университета №2(55), - 2017. – С. 5-15.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТЧИКОВ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЦЕХАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Соколов Д.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Важнейшую роль в определяющем росте экономики играет машиностроение. При этом в структуре машиностроения существенная доля производства принадлежит механообработке, связанной с использованием высокопроизводительных и точных станков с числовым программным управлением и автоматическими линиями. В этих условиях особое значение приобретает высокопроизводительный и высокоточный режущий инструмент. При этом зачастую в изготовлении режущего инструмента применяют приспособления, к которым предъявляют ещё более жёсткие технические требования по точности и стойкости.

Важнейшим свойством приспособления является производительность, которая в современном производстве реализуется за счёт: применения пневмо- и гидроприводов для закрепления заготовок; размещения в приспособлении нескольких заготовок; использования автоматизированных систем компенсации погрешностей обработки.

В статье рассмотрены наиболее распространенные специальные приспособления, применяемые при изготовлении метчиков в инструментальных цехах машиностроительных заводов, а также на специализированных инструментальных заводах.

Среди советских и российских патентов приспособлений, используемых при изготовлении метчиков [1-5], представлены устройства для затылования режущей части метчиков и заточки их передних граней, измерения передних углов после заточных операций и проверки прочности метчиков. Однако подавляющее большинство запатентованных приспособлений служат для затылования режущей части метчиков.

Например, патент SU 260354. На рисунке 1 показана кинематическая схема приспособления для затылования режущей части метчиков отличающегося тем, что оно снабжено вторым кулачковым механизмом, содержащим толкатель, являющийся одним из звеньев шарнирного параллелограмма, и подвижное основание, являющееся вторым параллельным звеном, несущее первый кулачковый механизм и приводной двигатель. Подвижное основание перемещается в соответствии с траекторией, описываемой формой копира, который, в свою очередь, взаимодействует с толкателем второго кулачкового механизма.

В патенте SU 108981 (рисунок 2) предложено устройство, применяемое на затыловочных и резьбошлифовальных станках, используемое для затылования метчиков. Кинематическая схема перемещения изделия в данном устройстве содержит регулируемый компенсатор мертвого хода. Приспособление отличается тем, что оно выполнено в виде регулируемого компенсатора мертвого хода с

целью использования холостого хода станка. Настройка компенсатора мертвого хода связывает кинематическую цепь затылования и кинематическую цепь перемещения изделия.

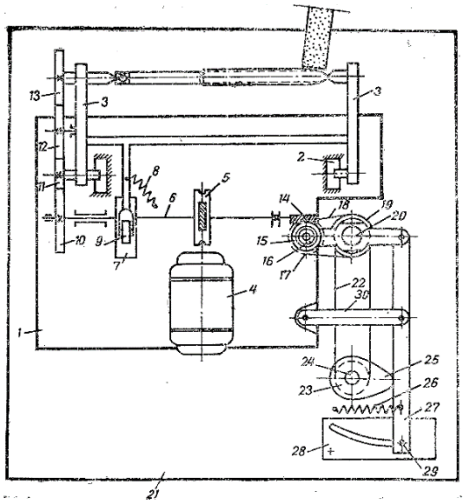


Рисунок 1 – Кинематическая схема приспособления для затылования режущей части метчиков

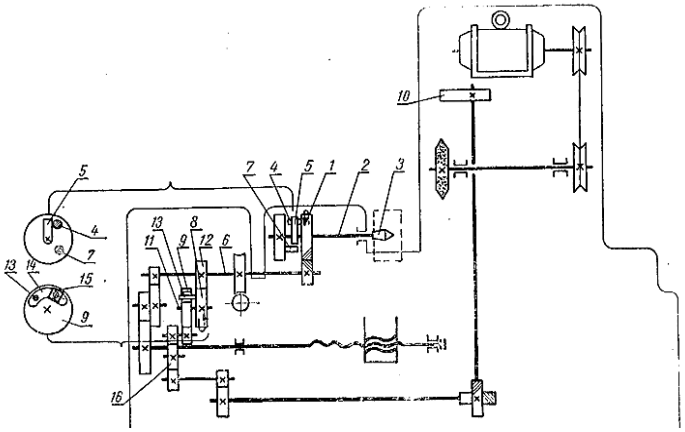


Рисунок 2 – Кинематическая схема полуавтоматического резьбошлифовального станка

Прямая подача изделия является основным условием затылования метчиков на станках, т.е. когда вращение изделия происходит в одном направлении. Обратный ход изделия является нерабочим. Данная особенность сильно снижает коэффициент использования рабочего времени станка, даже при ускоренных перемещениях изделия во время нерабочего хода. Для повышения коэффициента использования рабочего времени станка и увеличения его пропускной способности предложено использовать для выполнения затыловочной работы также и обратный ход изделия. Особенность описываемого устройства заключается в том, что в кинематическую цепь затылования включен регулируемый компенсатор мертвого хода. Настраиваемый совместно с компенсатором мертвого хода в кинематической цепи перемещения изделия.

Патент SU 188321 (рисунок 3) описывает приспособление для заточки передних граней метчиков. Устройство приспособления оснащено механизмом

подачи и делительным диском с фиксатором, который жестко связан с червячным колесом механизма подачи. В свою очередь, данное червячное колесо кинематически связано с храповым колесом. Откидной рычаг, включающийся кулачком и контактирующий с упором, закрепленном на станине станка, действует на храповое колесо, которое поворачивается после полного оборота метчика. Описанный принцип действия служит для упрощения конструкции приспособления.

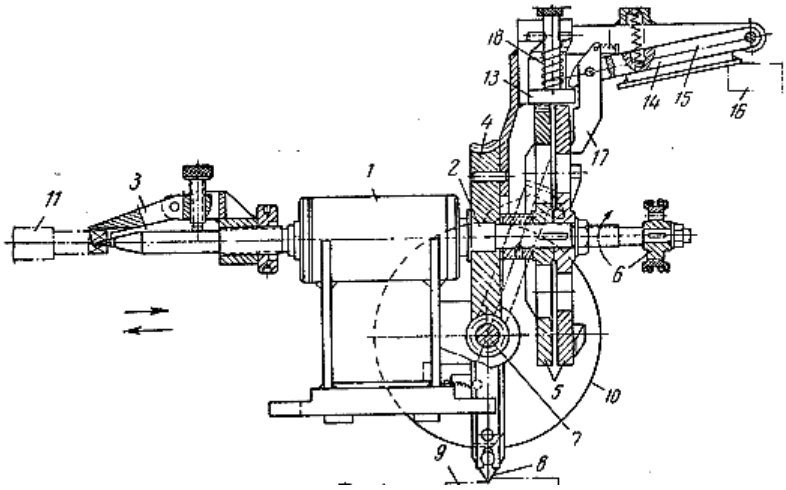


Рисунок 3 – Приспособление для заточки передних граней метчиков

В патенте SU 44356 (рисунок 4) описывается прибор для измерения переднего угла метчиков. Данный прибор снабжен мерительной стрелкой, расположенной на крестовом суппорте для удобства её подвода к изделию, устанавливаемой по передней грани режущего зубца.

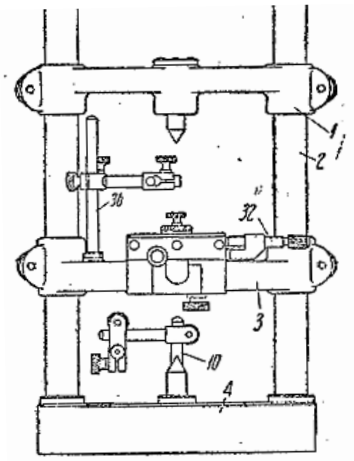


Рисунок 4 – Прибор для измерения переднего угла метчиков

Патент SU 114266 (рисунок 5) содержит информацию о приборе для проверки прочности метчиков. Прибор используется с целью учета основных факторов, оказывающих влияние на прочность метчиков в условиях, близким к рабочим, т.е. определение и измерение крутящего момента и осевой силы во время нарезания резьбы данным метчиком. Прибор включает в себя подпружиненный поворотный стол, вращаемый с помощью привода, и грузовой рычаг, вертикально перемещаемый на величину осевой подачи. Деталь устанавливается на

стол и содержит отверстия для нарезания в них резьбы. Для определения усилий прибор снабжен пружинным динамометром, определяющим крутящий момент при повороте метчика.

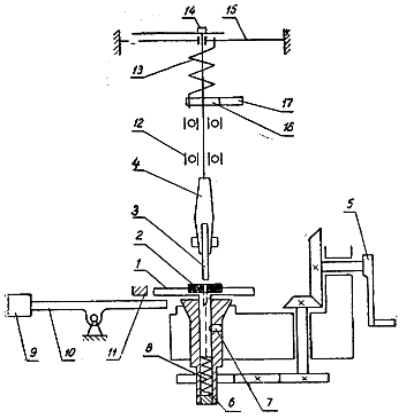


Рисунок 5 – Прибор проверки прочности метчиков

Анализ патентов приспособлений показал, что вопросу по разработке приспособлений для других операций при изготовлении метчиков уделено мало внимания.

Проектируемое одношпиндельное цанговое приспособление (рисунок 6) служит для фрезерования квадратов хвостовиков ручных и машинно-ручных метчиков в мелкосерийном производстве. Данное приспособление закрепляется на столе горизонтально-фрезерного станка. Квадрат хвостовика фрезеруется набором из двух трехсторонних фрез. В процессе обработки квадрата используется продольная подача стола станка на требуемую длину, выставляемую по упору. После того, как были обработаны две стороны квадрата, стол быстро отводится. Для дальнейшей обработки двух других сторон фиксатор вытягивается из паза делительной втулки, шпиндель приспособления и втулка, связанная с ним, поворачиваются, что обеспечивает поворот метчика.

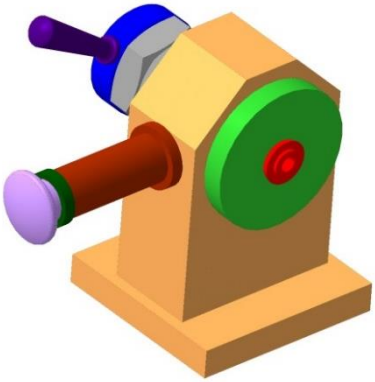


Рисунок 6 – Одношпиндельное цанговое приспособление для фрезерования квадратов хвостовиков метчиков

При разработке приспособления потребуется провести инженерный расчет в системе Ansys для проверки жесткости, а также вычисления собственных частот колебаний. Расчеты на жесткость позволят спроектировать механизм, не теряющий точности при приложенных внешних нагрузках в процессе работы. А

собственные частоты потребуются для сравнения с режимами работы оборудования для предотвращения явления резонанса и разрушения.

Список литературы

1. SU 260354, СССР, МКИ B 23 B 5/42, B 24 B 3/20. Приспособление для обработки и затылования заборной части метчиков / М.Х. Гольдфельд. № 802957/25-8, заявл. 09.11.62; опубл. 22.12.69, Бюл. №3. 2 с.

2. SU 108981, СССР, МКИ B 23 B 5/42. Устройство для затылования червячных фрез, метчиков и других изделий / И.В. Битиев. №559061, заявл. 22.09.56; опубл. 01.01.57. 3 с.

3. SU 188321, СССР, МКИ B 23 G 1/36. Приспособление для заточки передних граней метчиков / Ю.В. Армашов, Н.И. Балковой, П.В. Крупеня. №918715/25-8, заявл. 28.08.64; опубл. 20.10.66. Бюл. №21. 2 с.

4. SU 44356, СССР, МКИ G 01 B 5/24. Прибор для измерения переднего угла метчиков, разверток и т.п. / А.Н. Попов, Н.В. Попов. №156866, заявл. 09.11.34; опубл. 30.09.35. 2 с.

5. SU 114266, СССР, МКИ G 01 N 3/58, B 23 B 51/00. Прибор для проверки прочности метчиков / А.Д. Никифоров, И.М. Федотов. №571796, заявл. 23.04.57; опубл. 01.01.58. 3 с.

УПРОЧНЕНИЕ ПЛУНЖЕРОВ НАСОСОВ МЕТОДОМ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Иманкулов Р.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Процесс отделочно-упрочняющей обработки деталей методом поверхностного пластического деформирования (ППД) осуществляется различными способами, наиболее распространенными из которых являются: дробеструйная пластическая деформация, обкатывание шарами или роликами, дорнование, а также алмазное выглаживание, причем последнее имеет следующие преимущества перед другими методами, повышающих механические свойства материалов:

- возможность упрочнения сталей, подвергнутых термообработке;
- возможность обработки коррозионностойких материалов с высокой отражательной способностью;
- возможность обработки малогабаритных и тонкостенных деталей;
- возможность небольшой обработки деталей малой жесткости.

Пластическое упрочнение обрабатываемой поверхности происходит в результате скольжения по ней инструмента, где рабочая часть представляет собой сферическую криволинейную поверхность. В итоге изменяется топография поверхности за счет выглаживания микронеровностей, приводящей к снижению шероховатости поверхности и возникновению наклепа. Описываемый метод ППД нашел широкое применение в автомобильной, авиационной, подшипниковой и других областях промышленности.

При обработке поверхностей готового плунжера (после закалки) существующие методы обработки не позволяют значительно упрочнить наружную поверхность и использование известных разработок не позволяет решить поставленную задачу. На рисунке 1 представлен плунжер насоса с характерными повреждениями, полученными в результате его работы при нормальных условиях эксплуатации.

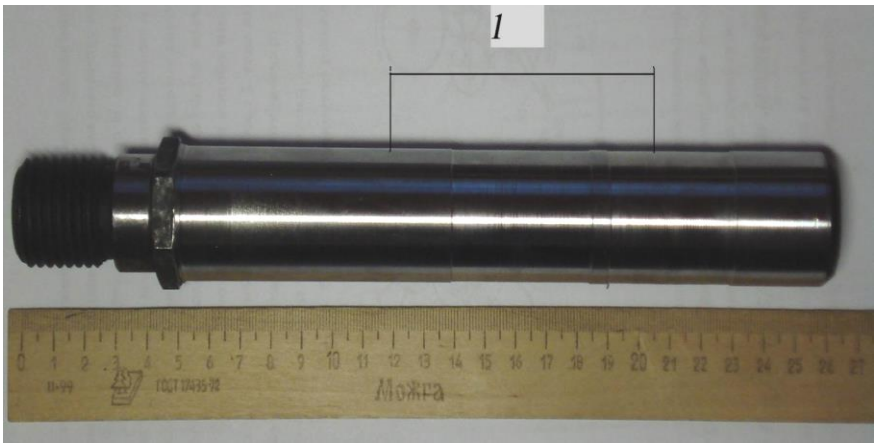


Рисунок 1 – Общий вид плунжера

Изучение рельефа поверхности плунжеров, одной из основных деталей плунжерных насосов производилось с целью выявления мест, наиболее подверженных изнашиванию, и максимального линейного износа для определения экономически целесообразного упрочнения поверхностного слоя, а также с целью выявления необходимых конструктивных разработок для осуществления ППД.

Характер износа определяли на плунжерах установленных в электронасосных дозировочных трехплунжерных агрегатах марки НД 2,5 2500/10К14А. Производили внешний осмотр отработавших плунжеров и замер линейного износа.

В результате визуального осмотра было определено, что превалирующим видом изнашивания являлось абразивное, причем оно интенсифицировалось усталостным выкрашиванием и коррозией поверхностного слоя. Наиболее сильно подвержена износу средняя часть плунжера (рисунок 2), работающая в контакте с уплотняющими сальниками.

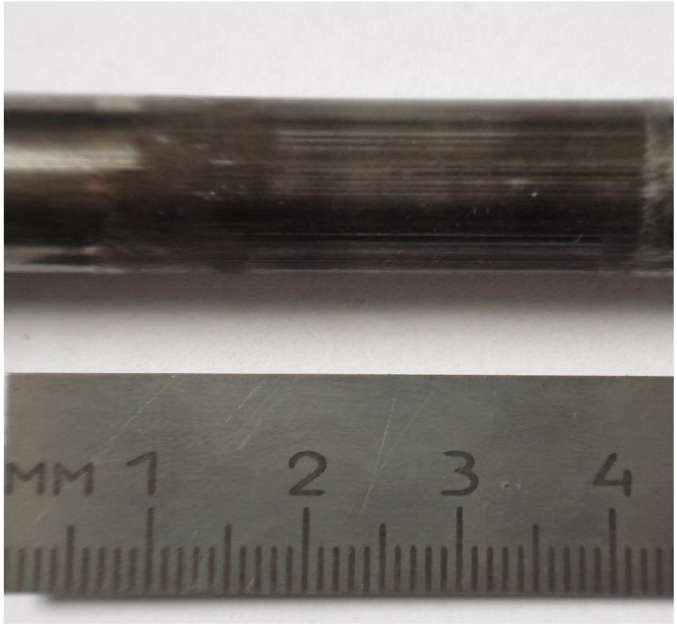


Рисунок 2 – Зона изношенного плунжера

Для увеличения твердости, износостойкости и других эксплуатационных свойств термообработанные плунжеры насосов из стали 30ХМА подвергались алмазному выглаживанию на токарно-винторезном станке 16К20 с использованием приспособления в виде специальной оправки.

Качество поверхностного слоя (твердость и шероховатость) зависит от различных факторов, основными из которых являются: скорость обработки, радиус рабочей части инструмента, подача, число ходов, радиальная сила прижатия инструмента. Выбор тех или иных режимов зависит от: материала заготовки, механических и топографических свойств упрочняемого поверхностного слоя, вида и конфигурации применяемого инструмента и способа обработки, типа, расхода и способа подачи применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

В процессе ППД, в том числе и при алмазном выглаживании, происходит дробление зерен и кристаллов обрабатываемого материала с их вытягиванием и беспорядочной ориентацией в направлении деформации, с образованием тонкого слоя (до 30 мкм) мелкозернистой волокнистой структуры упрочненной поверхности.

Исследования показали, что в процессе отделочно-упрочняющей обработки алмазным инструментом повышается прочность поверхностного слоя от 20 % до 35 %, причем наибольшее влияние на величину и характер упрочнения поверхности оказывает радиальная сила. Кроме того, после достижения минимальной шероховатости поверхности, способность поверхностного слоя к упрочнению снижается, так как исчерпывается возможность материала накапливать повреждения, а, следовательно, и наклепываться.

Повышение микротвердости обработанной поверхности, ее микрорельеф, а также образование в поверхностном слое благоприятных внутренних напряжений приводят к существенному повышению износостойкости. Наименьший износ наблюдается при выглаживании с удельным давлением, обеспечивающим наименьшую шероховатость и наибольшее упрочнение поверхностного слоя. Результаты сравнительных испытаний износостойкости шлифованных, полированных и выглаженных образцов с шероховатостью R_a=0,16 мкм в условиях трения – скольжения с бронзовыми вкладышами (скорость трения 2 м/с, давление в трущейся паре 60 кН/м^2, смазка – масло индустриальное 20) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Износостойкость деталей при различных методах обработки.

Материал обрабатываемой детали	Метод окончательной обработки	Износ приработки, мкм	Продолжительность приработки, мин	Интенсивность установившегося износа,(x10^{-6}) мкм/м
Сталь30ХМА, НВ 232	Тонкое шлифование	10	100	36
	Полирование	3	70	34
	Алмазное выглаживание	2,5	60	24
Сталь 40Х, HRC 58	Полирование	3	130	45
	Алмазное выглаживание	2	120	19
Сталь 18ХГТ цементованная, HRC 61	Полирование	3	120	40
	Алмазное выглаживание	2	80	25

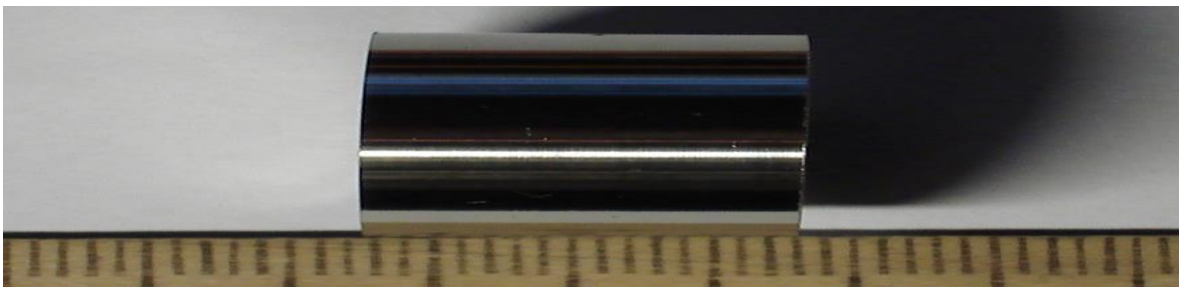
Различные режимы обработки дают разную поверхность; на рисунке 3 представлен плунжер, отдельные участки которого, были подвергнуты обработке с различными режимами.

Рисунок 3 – Вид плунжера при различных режимах обработки

По внешнему виду можно судить, о качестве поверхности после алмазного выглаживания. Внешний вид образцов показан на рисунке 4, из которого видно различие поверхностей после точения и алмазного выглаживания проведенного при режимах, в последствии принятых за оптимальные:

- частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$ (x_1) – 450;
- радиус рабочей части алмазного наконечника, мм (x_2) – 4;
- число ходов(количество проходов) (x_3) – 10.

а

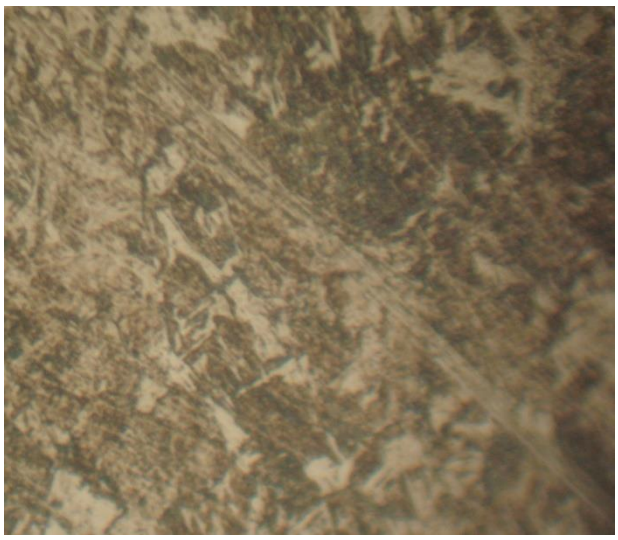


б

а – не упрочненной, б – упрочненной

Рисунок 4 – Внешний вид поверхности плунжера

На рисунке 5 представлены исходная микроструктура разных участков плунжера насоса.



а б

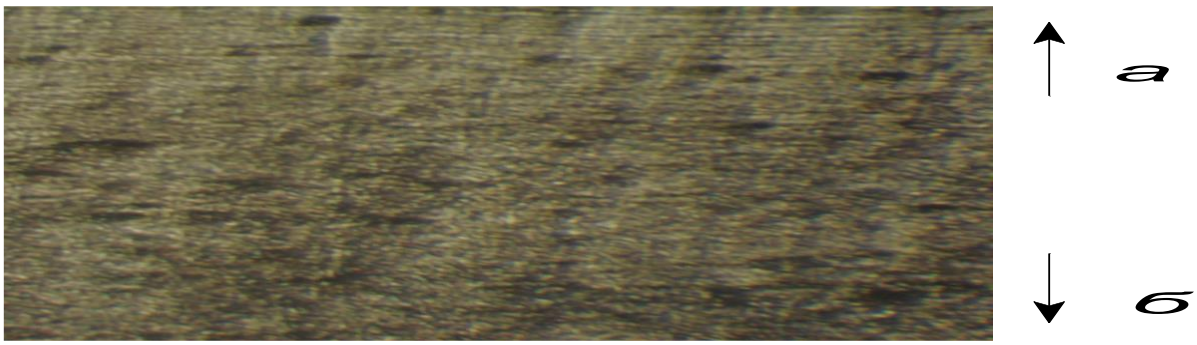
а – в сердцевине, б – на краю.

Рисунок 5 – Исходная микроструктура плунжера, х 630.

На краю необработанного образца структура ничем не отличается от той, что в сердцевине, то есть наблюдается беспорядочная ориентация зерен кристаллов.

После проведения ППД (алмазного выглаживания), видна совершенно другая микроструктура: края образца показаны на рисунке 6, а также здесь представлены: переходная зона (рисунок 7), зона сердцевины плунжера (рисунок 8). Строение и свойства вышеперечисленных зон существенно отличается от подобных параметров у необработанных поверхностей.

Рисунок 6 – Микроструктура упрочненного слоя, х 550.



а – к поверхности, б – к сердцевине.

Рисунок 7 – Вид микроструктуры переходной зоны, х 550.

Рисунок 8 – Вид микроструктуры сердцевины плунжера после упрочнения, х 550.

В указанных зонах были проведены замеры микротвердости, которые показали, что микротвердость меняется (увеличивается) по глубине образца от сердцевины к краю. Значение микротвердости приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Микротвердость по глубине образца

Зона укола	Диагональ отпечатка при нагрузке 50 гр., мкм	H_μ, кг/мм^2
Поверхностный слой	42,8	513
Переходная зона	46	476
Сердцевина	56,8	292

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- анализ характера износа показал, что, наиболее изношенной частью плунжера является его средняя часть, находящаяся в сопряжении с сальниковыми уплотнениями;
- определены оптимальные режимы при проведении процесса отделочно-упрочняющей обработки;
- сечение плунжера показало наличие трех зон: поверхностной упрочненной, переходной с частичным упрочнением и сердцевины, строение и свойства которой, остается неизменной.

Список литературы

1. Иванов В.П. Ивашко В.С. и др. Восстановление и упрочнение деталей: справочник [Текст] / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов, В.П. Ляля-кин, Ф.И. Пантелеенко // Наука и технологии, Москва. - 2013 г. -368 с.

2. Новиков, А. Н. Восстановление и упрочнение деталей: учебное пособие / А. Н. Новиков, М. П. Стратулат, А. Л. Севостьянов. -Орловский государствен-ный технический университет. - Орел, 2006. - 336 с.

3. Батищев, А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники / А. Н.Батищев, И. Г.Голубев, В. П.Лялякин. - М.: Информагротех, 1995. - 296 с.

4. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей / Е. Л. Воловик. - М.: Колос, 1981. - 351 с.

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКАХ СТАНДАРТА МЭК 61131

Токсанбаева Б.А. [1], Султанов Н.З.[1], д-р техн.наук, профессор,
Даев Ж.А.[2], канд.техн.наук, Ph.D., профессор
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
[2]Казахско-Русский Международный Университет, г. Актобе

Системы управления, разрабатываемые или дополняемые нечеткой логикой, развиваются с высокой скоростью. Это связано с тем, что системы управления, содержащие элементы нечеткой логики, позволяют управлять там, где вычислительные алгоритмы бессильны. Интеллектуальные системы по сравнению с типовыми автоматическими и автоматизированными системами имеют три наиболее важных признака [1] . Взаимодействие систем с реальным внешним миром с использованием информационных каналов связи. Способность к обучению, то есть настройка системы под изменяющиеся условия внешнего мира. Таким образом, система управления на базе нечеткой логики способна принимать решения, близкие к действиям инженера, то есть обучаться и подстраиваться под изменяющиеся условия окружающей среды. Нечеткая логика носит творческий характер. Здесь имеется в виду то, что система может содержать не только конечный результат в виде ответов типа “да”, “нет”, но и промежуточные типа “близко к точному значению”.

Поэтому мы можем не всегда получить точный ответ на определенное событие, а промежуточный результат, который показывает величину отклонения результатов функционирования системы от некоторых номинальных и дальнейшие действия по достижению максимально близких к ним. Системы управления на базе нечеткой логики используются в различных типах систем и устройств, в экономике, теории автоматического управления, электронике. Систему управления с нечеткой логикой можно поделить на следующие группы: неадаптивные и адаптивные.

В неадаптивных база знаний подстраивается в процессе работы в зависимости от складывающейся в процессе управления ситуации. При адаптивном подходе к построению нечетких систем управления настройка блоков нечеткого логического вывода осуществляется не только в процессе проектирования, но и во время обычной эксплуатации системы, параллельно с управлением объектом. Адаптивные системы позволяют осуществлять высококачественное управление сложными нестационарными объектами по сравнению с типовыми системами. Автоматизация любых технологических процессов, которые состоят из множества операций, практически не мыслима без программируемых логических контроллеров (ПЛК). Поэтому возникает задача реализации нечетких систем управления процессами в ПЛК.

При реализации нечетких моделей и систем на их основе необходимо вводить лингвистические переменные, а также их термы, которые представляют

собой отдельные нечеткие множества. Помимо нечетких множеств приходится пользоваться специальными операторами, которые выполняют действия над нечеткими множествами, помимо них часто приходится пользоваться операциями импликации, которые реализуются при организации баз правил для нечетких систем. В связи с этим возникает задача организации нечетких множеств и систем на их основе для программируемых логических контроллеров. Поэтому в рамках настоящей работы выполняется организация нечетких множеств на языках программирования стандарта МЭК 61131-3 для реализации автоматизированных систем управления для объектов газовой промышленности.

Существует большое количество видов нечетких множеств, также как и несколько описания нечетких множеств. Подробную информацию о них можно найти в специальной литературе, например, в работах. В соответствии с работами [1, 2] наиболее часто многие процессы могут быть описаны и выполнены с помощью дискретных нечетких множеств, функции принадлежностей которых представляют собой либо треугольные либо трапецеидальные множества.

Как правило, такие множества могут быть заданы аналитически в виде уравнений, которые описывают определенное состояние лингвистической переменной через группу функций принадлежностей.

В работе [3] представление нечеткого множества в среде CoDesys на языке CFC в виде функционального блока.

Нечеткие множества могут быть реализованы на любом из языков стандарта МЭК 61131-3.

Сначала выполняются все математические уравнения, затем выполняется сравнение принадлежности переменной заданным интервалам, после чего выполняется выбор того или иного значения из формулы с помощью командного ввода, которые организованы с помощью переменных булевого типа.

Представленные нечеткие множества [3] можно организовать в виде библиотеки, которая может быть использована многократно при реализации различных проектов, где применяются модели на нечеткой логике. На рисунке 1 приводится фрагмент, где организована библиотека «Fuzzy_Sets.lib» с нечеткими множествами.

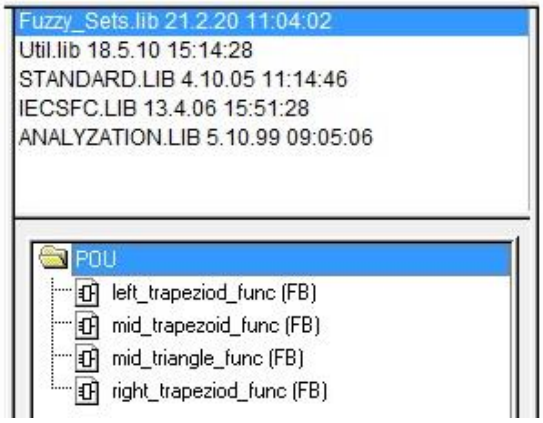


Рисунок - 1 Библиотека «Fuzzy_Sets.lib»

Работа с нечеткими множествами, показывает, что с помощью стандартных операторов программного комплекса, легко реализуются лингвистические модификаторы. К ним относятся операторы концентрирования, растяжения, повышения и понижения контрастности и многое другое. Например, оператор концентрирования нечеткого множества, усиливающий значение текущего состояния, которое описывается этим множеством. Данный оператор представлет собой квадрат результата функции принадлежности исходного множества.

Таким образом, показана возможность организации нечетких множеств с кусочно-линейными функциями принадлежности, а также их модификаторов в виде отдельной библиотеки, которая может быть использована для реализации проектов, где управление процессом происходит с участием нечетких моделей.

Список литературы

1. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
2. Ярушкина Н.Г. Основы нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 320 с.
3. Усков А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления. Монография. – Смоленск: СФРУК, 2013. – 153 с.
4. Опыт организации нечетких множеств на программируемых логических контроллерах для разработки автоматизированных систем управления Даев Ж. А. Шопанова Г.Е.,Токсанбаева Б.А.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОРОГА ГАРАНТИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ С КОНТЕКСТОМ

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

Активно разрабатывающиеся в последние годы технологии машинного распознавания находят все большее применение в практике создания и использования сложных технических систем (СТС). В тоже время «в силу многообразия приложений распознавание образов, как научно-практическая задача, не имеет универсальных решений. Поэтому, буквально с самого начала развития этого научного направления, в рамках кибернетики, рассматривались самые различные подходы к реализации процесса автоматического распознавания образов» [1].

При создании систем машинного распознавания для разнообразных сфер применения на различных стадиях и этапах проектирования широко применяются методы имитационного моделирования. Для обеспечения безусловной адекватности имитационных моделей необходимо выполнение целого ряда мер, кроме всего прочего, учитывающих специфику предметной области и особенностей СТС, использующей результаты распознавания. Особенно это касается вопросов связанных с проблемой выбора системы признаков распознавания и методов их расчета. В тоже время при решении проблемы построения оптимальных алгоритмов распознавания образов (объектов, процессов, ситуаций) для сравнительной проверки эффективности (прежде всего, достоверности) распознавания методом имитационного моделирования в ходе эксперимента необходимо обеспечить точность реализации решающих процедур и фиксацию единых условий работы исследуемых алгоритмов.

В рамках исследований по синтезу алгоритмов принятия решений при распознавании производственных ситуаций в условиях функционирования информационно-управляющих систем на объектах промышленного производства разработана имитационная модель, отвечающая приведенным выше требованиям [2].

Целью статьи является проведение на основе имитационного моделирования сравнительной оценки достоверности распознавания ситуаций при использовании различных версий алгоритмов принятия решений с контекстом.

В ходе имитационного моделирования процесса распознавания ситуаций в типовой информационно-управляющей системе исследовались:

– две версии алгоритмов распознавания с контекстом;

– индивидуальный алгоритм распознавания, реализующий правило обобщенного голосования.

При моделировании работы алгоритмов распознавания с контекстом (АРК) предусматривались две версии правил расчета решающих статистик по определению наиболее вероятной ситуации $r = i(j)$ [3]:

– версия АРК1

$$i(j) = \arg\max_{i} \left\{ \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log P\left(A_{i^*} / (A_i)_{j_\Gamma}\right) \right\}; \qquad (1)$$

– версия АРК2

$$i(j) = \arg\max_{i} \left\{ \sum_{t=1}^{T} \sum_{q=1}^{Q_t} \delta_{tq} \cdot \log \lambda_{iqt} + \log\left(P(A_{i^*} / (A_i)_{j_m}) \cdot h_m\right) \right\}, \qquad (2)$$

где $i(j)$ – номер класса элемента, располагающемся на j-м месте в пространственном, временном или ином представлении ситуации;

λ_{iqt} – условная вероятность того, что для i-го класса элемента ситуации значение его t-го признака будет соответствовать q-й градации при гистограммном представлении законов распределения признаков, $t \in \{1,..., T\}$, $q \in \{1,..., Q_t\}$;

δ_{tq} – бинарная переменная, определяющая факт попадания значения t-го признака в q-ю градацию;

$P\left(A_{i^*} / (A_i)_{j_\Gamma}\right)$ – статистика контекста при распознавании, представляющая собой условную вероятность наличия в ситуации других элементов такого же или иных классов при условии, что элемент, располагающийся на j_Γ-м месте, предварительно распознан гарантированно, то есть с некоторой пороговой мерой доверия $h_{пор}$;

$P\left(A_{i^*} / (A_i)_{j_m}\right) \cdot h_m$ – статистика контекста при распознавании, являющаяся условной вероятностью наличия в ситуации других элементов разных классов при условии, что элемент, располагающийся на j_m-м месте, предварительно распознан не гарантированно, а с мерой доверия h_m, большей, чем $h_{пор}$.

В ходе моделирования при реализации индивидуального алгоритма распознавания применялось правило обобщенного голосования, предложенное в работе [4].

Для обеспечения корректности эксперимента для работы всех алгоритмов использовался один и тот же набор признаков. Априорные вероятности появления всех классов элементов ситуаций принимались одинаковыми.

Имитация распознавания ситуаций осуществлялась в условиях наличия случайных помех и ошибок измерения значений признаков классов. Полученные при моделировании экспериментальные зависимости сглаживались методом наименьших квадратов.

В ходе эксперимента осуществлялось получение и исследование зависимостей средней ошибки распознавания $\lambda_{ср}$ от пороговой меры доверия $h_{пор}$ для алгоритмов АРК1 и АРК2, а также определение оптимального значения пороговой меры доверия $h_{пор.опт}$, которое позволяет обеспечить максимальную достоверность распознавания ситуаций.

Полученные при моделировании графики зависимостей $\lambda_{ср}$ от значений $h_{пор}$ для алгоритмов АРК1 и АРК2 приведены на рисунке 1

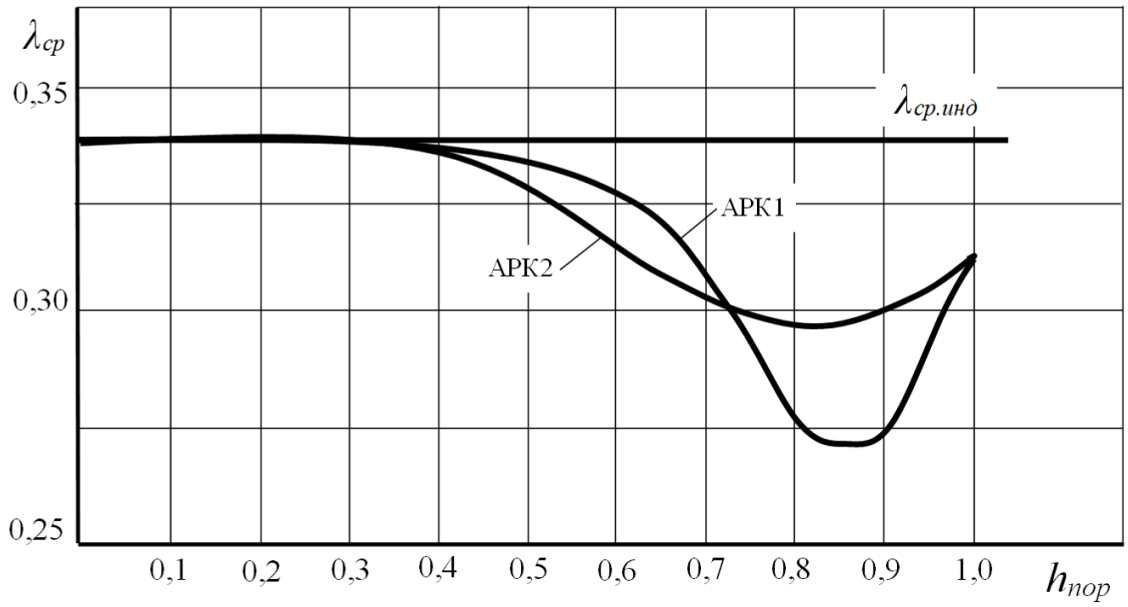


Рисунок 1 – Графики зависимости средней ошибки распознавания от порога гарантированного распознавания при использовании контекста

На рисунке 1 кривые $\lambda_{ср}(h_{пор})$ представлены вместе с прямой значений $\lambda_{ср.инд}$, что позволяет увидеть преимущества учета контекста при распознавании ситуаций.

Таким образом, анализ, полученных при моделировании результатов позволяет сделать следующие выводы:

– вид кривых $\lambda_{ср}(h_{пор})$ во многом зависит от параметров, выбранных в качестве контекста при распознавании ситуаций;

– алгоритм распознавания с контекстом по правилу (1) при пороге $h_{пор.опт}$, обеспечивает меньшее значение средней ошибки распознавания элементов ситуации, а, следовательно, и класса ситуации в целом, чем АРК по правилу (2);

– учет контекста по правилу (2), с точки зрения достоверности распознавания, меньше зависит от выбора пороговой меры доверия $h_{пор}$.

Полученные при моделировании результаты представляют определенную научно-практическую ценность и могут быть использованы при синтезе рабочих алгоритмов распознавания ситуаций в различных прикладных областях.

В тоже время, хотя основным назначением моделирования на этапах проектирования и эксплуатации СТС является имитация их работы для принятия оптимальных решений по созданию перспективных версий таких систем и алгоритмов их работы, моделирование (имитацию) можно применить и при обучении (тренировке) персонала по управлению СТС в различных сферах. В этом также заключается научно-методическая ценность создаваемых в рамках исследовательских и проектных работ имитационных моделей, в том числе модели, рассмотренной в данной работе.

Список литературы

1. 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.

2. Трипкош, В.А. Моделирование процесса распознавания производственных ситуаций в информационно-управляющих системах предприятий и организаций / В.А. Трипкош // Актуальные проблемы экономической деятельности и образования в современных условиях : Оренбургский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2017. С. 199-204.

3. 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.

4. 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.

О ВОПРОСАХ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ СБОРА ГАЗА

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 месторождения газа, подвергающиеся промышленной выработке представляют собой сложную природно-техническую систему [1]. Подобная система характеризуется взаимодействием целого ряда показателей, а потому описывается весьма сложным набором данных, оказывающих влияние на состояние и функционирование всех своих элементов. В свою очередь, для отслеживания состояний системы, с учетом всех показателей, влияющих на нее, в настоящее время применяют современные системы мониторинга.

Процесс организации мониторинга объектов газодобывающей системы является одной из ключевых функций газодобывающего предприятия. Своевременный и объективный мониторинг позволяет поддерживать функционирование газодобывающего предприятия на высоком уровне и оперативно реагировать на все возникающие сбои и аварии в процессе эксплуатации месторождения.

Сам по себе мониторинг состояния газосборных систем представляет собой непрерывный процесс сбора информации о состоянии и изменении ключевых параметров объекта сбора газа и его функционирования во времени для выявления тенденций с последующей возможностью прогнозирования параметров, а также расчета и предупреждения вероятных отклонений и сбоев в работе газодобывающей установки [2].

Таким образом, можно выделить следующие основные функции мониторинга состояния газосборных систем:

– выявление критических (или близких нему) состояний изменения наблюдаемых параметров, в отношении которых, в дальнейшем, необходимо выработать систему действий;

– обеспечение обратной связи с контролирующими службами или органами в рамках определенного протокола и программы действий, оценивая причины изменения состояния объекта, с учетом предыдущих результатов замеров данного параметра;

– установление соответствия всем правилам работы и обязательствам по исполнению функций добычи газа.

В настоящее время существует острая потребность в подготовке специалистов в области разработки систем мониторинга сбора газа. Основные направления подготовки подобных специалистов можно разделить на три основные составляющие:

– учебно-воспитательное, с целью формирования необходимых этических качеств, для осознания уровня ответственности при реализации систем

мониторинга;

– учебно-методическое, как маршрут развития в сфере информационных технологий при обязательной корректировке программ с учетом обновления технологических решений;

– организационно-административное, с увеличением приоритета в данной области среди прочих предметов и дисциплин.

Разработка систем мониторинга состояния и функционирования газовых установок, точки зрения корректной оценки эксплуатационных характеристик месторождения, является достаточно перспективным направлением деятельности. Это связано с целым рядом причин, как чисто технологического плана (экстремальные условия работы, изношенность технического оборудования, высокий класс взрывоопасности), так и общеорганизационного характера, связанного с повышением экономической эффективности работы газодобывающих установок.

При этом, системы мониторинга сбора газа могут существенно различаться между собой. Причем, различается не только техническое оснащение и степень автоматизации тех или иных функций, но и функционал в целом, что обосновывается отсутствием единого подхода к применению систем мониторинга как на газовом промысле, так и на других объектах.

Как показывает практика, в работах различных авторов подход к системе мониторинга и задачам, решаемым с помощью него, достаточно значимо отличается. Так в работе [3] под системой мониторинга понимаются все фазы проведения анализа данных, поступающих с месторождения газа, с последующей целью выявления возникающих проблем и предложения путей их решения в процессе сборе показателей для определения их количественной и качественной оценки. Здесь же отмечается, что огромную роль в процессе проведения мониторинга месторождения газа играет процесс предварительной подготовки собираемых данных и отводится особая роль организации системы фильтрации шумов. Для этого описывается методика обработки поступающих с сенсоров и датчиков данных в базы данных или на расчетные устройства и контроллеры. Поступающие данные обрабатываются специальными алгоритмами, позволяющие рассчитывать прогнозы работы технических устройств с учетом времени работы, чувствительности и других характеристик.

В работе [4] отмечается, что современные системы промысловой добычи газа требуют более качественного и глубокого мониторинга, для чего проводится разработка и внедрение новейших мониторинговых систем, работающих в автоматизированном режиме, обеспечивающих решение задач управления технологическими процессами на локальных участках, проведение оперативной диагностики состояния оборудования и, как следствие, повышение управляемости добывающей установкой в целом, с учетом требований безопасности и эффективности работы. При этом отмечается, что система мониторинга добычи должна быть неразрывно связана и с системой транспортировки газа по трубопроводам, поскольку достаточно значительная часть данных берется из газотранспортных систем.

В работе [5] раскрывается проблема эффективности процесса эксплуатации систем сбора газа на месторождениях. Согласно проведенным исследованиях, эффективность эксплуатации зависит от следующих ключевых параметров:

– уровень автоматизации в системе работы пункта сбора газа на месторождении;

– наличие и степень использования телемеханики на эксплуатационном предприятии;

– способы реализации процесса обеспечения контроля технологических параметров работы добывающей скважины.

Данные параметры позволяют проводить оценку оперативности отслеживания изменения показателей работы газодобывающей установки, и, в дальнейшем, принимать необходимые решения по регулированию технологических процессов. В качестве базы исследований в данной работе применялись данные как эксплуатационного характера (вынос песка со скважины, результаты неразрушающего контроля толщины стенок в трубопроводах), так и общестатистического характера (анализ рынка измерительных приборов, контрольных систем, систем автоматики). Также приведены результаты контрольно-измерительных испытаний на опытно-промышленных образцах, включающих в себя проведение оперативного сбора данных и принятия управляющих решений на их основе.

Несмотря на различие в подходах к функционалу систем мониторинга, все авторы сходятся во мнении, что разработка и внедрение мониторинга должна осуществляться системно, а сам мониторинг должен быть в достаточной степени интегрирован с максимально возможным количество служб и технических сред, с целью получения более обобщенной картины, в отличи от наблюдения за данными на локальных участках.

Интегрированная же система позволит объединить все собираемые данные в определенные группы, для дальнейшего обеспечения расчетов по различным направлениям работы газодобывающей установки. Данное обстоятельство позволит решать задачи эксплуатации газовых месторождений на качественно новом уровне, в процессе решения таких задач как:

– определение рационального отбора скважин;

– составление эксплуатационного прогноза;

– подготовки аналитических данных для проектирования процесса разработки газового месторождения.

Обобщая вышесказанное можно заключить, что к системе мониторинга состояния и функционирования систем сбора газа можно отнести следующие задачи:

– оперативная оценка ресурсной базы месторождения;

– оценка основных геологических и инженерных параметров установки сбора газа;

– обобщенная оценка состояния всех ключевых компонентов, связанных с непрерывным процессом добычи, транспортировки и хранения газа;

– проведение типизации объектов мониторинга для дальнейшей

экстраполяции данных на другие объекты;

– выполнение предварительных оценок изменения состоянии работы установки на месторождении и прогноз дальнейшего развития событий при устойчивости выявленного отклонения;

– мгновенное оповещение о нарушениях или сбоях в работе служб оперативного реагирования;

– выполнение анализа, составление прогнозов и отчетов по проделанной работе, предоставление их по соответствующему запросу.

Таким образом, специалисты в сфере мониторинга для обеспечения всех указанных функций системы мониторинга должны иметь возможность сбора показателей с максимального количества технологических объектов, связанных с процессом сбора газа, а также использовать в процессе работы самые современные системы интеллектуального анализа данных.

Список литературы

1. 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.

2. 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. – С. 989-992.

3. Новиков, С. П. Исследование данных отклика сенсоров газа в рабочем процессе систем мониторинга / С. П. Новиков // Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении : Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Таганрог, 16 апреля 2021 года / Редколлегия: Л.А. Светличная, Т.В. Чернова. – Таганрог: ЭльДирект - ИП Шкуркин Д.В. (ДиректСайнс), 2021. – С. 135-139.

4. Лучкин, Н. А. Автоматизация мониторинга технологических данных газокомпрессорной станции / Н. А. Лучкин, Ш. М. Бигушев // Информационные технологии в науке и производстве : материалы III Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Омск, 08–09 февраля 2016 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2016. – С. 160-164.

5. Ридель, И. А. Внедрение инновационных систем контроля скважинной продукции / И. А. Ридель, М. В. Медведев, Д. А. Ожерельев, М. Л. Ряпалов // Газовая промышленность. – 2015. – № 3(719). – С. 59-61.

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Фёдоров М.В., Климова Э.З., Михайленко Е.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Шпиндельный узел (далее может быть заменено на ШУ) станка это концевой элемент привода главного движения. Его основной функцией является установка и закрепление режущих инструментов или технологической оснастки, удерживающей заготовку. Качество шпиндельного узла оказывает самое существенное влияние на точность, надежность и производительность всего станка.

Шпиндельные узлы металлорежущих станков разделяются по следующим признакам:

Назначение (передавать вращательное движение инструменту или заготовке).

Достигаемая в результате обработки точность, зависящая от точности вращения.

Занимаемые в станке габариты.

Мощность, получаемая от двигателя.

Диапазон регулирования скоростей или быстроходность.

Способ доставки крутящего момента на шпиндель.

Опоры, используемые на шпинделе.

Далее изложено краткое описание каждого признака и приведено несколько стандартных конструктивных сборок ШУ. Основное внимание будет уделено применяемым на них опорам.

Точность вращения шпинделя является важнейшей характеристикой у узла, в значительной мере, определяющей точность обработки изделий на станке.

Точность вращения, измеряемая биением на переднем конце шпинделя в радиальном или осевом направлениях; отклонения от идеального вращения являются одной из основных причин погрешностей обработки на многих станках. Допустимое биение шпинделя универсальных станков должно соответствовать государственным стандартам[1][2]. Биение шпинделя специальных станков не должно превосходить 1/3 допуска на лимитирующий размер обработанной на станке детали. В шпиндельных узлах на опорах качения она зависит от точности изготовления подшипников и сопряженных с подшипниками деталей шпиндельного узла, от качества монтажа, от регулировки подшипников (величины зазора-натяга) и от числа оборотов шпинделя, при котором производится обработка изделия.

Точность вращения шпиндельных валов устанавливаются в ГОСТ[1]. Она обуславливается такими характеристиками как: радиальное биение центрирующей шейки шпинделя (у торца шпинделя и на заданном расстоянии от торца шпинделя), осевое биение шпинделя, торцевое биение опорного бурта шпинделя.

«Мощность» шпиндельного узла – величина от которой зависит общая производительность, на которую оказывают влияние многие факторы. Материал заготовки, скорость вращения, передаваемые на вал, осуществляемые на станке операции и проч. При её рассмотрении следует учитывать и прочие фактические атрибуты станка. Данная величина имеет существенное значение для получения наибольшей возможной производительности станка.

По способам доставки крутящего момента, можно определить самые распространённые: зубчатую передач, ремённую передачу и непосредственно с двигателя на муфту, закреплённую на хвостовом конце шпинделя. То, каким образом будет осуществляться эта передача выбирается, опираясь на крутящий момент, необходимую гладкость хода и диапазон частот вращения шпиндельного вала, и систему расположения узлов и направляющих станка, отличающихся структурой, пропорциями и свойствами.

Основные преимущества применения доставки главного движения на шпиндель, путем зубчатой передачи в том, что такой способ выгодно отличается конструктивной простотой, сравнительно большой компактностью и способностью передавать большой крутящий момент. Существенными же недостатками данного метода является потенциальные растущие динамические нагрузки и уменьшение плавности главного движения, к которым могут привести погрешности передачи. Имеет смысл применять этот метод при интенсивности обращения шпиндельного вала в пределах 3000 оборотов в минуту при нормальной точности изготовления и установки, и более 3000 оборотов в минуту при повышенной точности изготовления и установки.

Осуществление доставки главного движения на шпиндельный вал путём ременной передачи характеризуется меньшими нагрузками в динамике привода ШУ. В противовес этому достоинству выступает следующий недостаток: Большие габаритные размеры, обусловленные необходимостью таких шпинделей в «разгрузке», а именно уменьшении радиальной нагрузки, для чего шкивы, устанавливаемые на разгрузочных втулках, увеличивающих габариты ШУ. Несмотря на это, данный вид передачи активно используется на станках с высоким числом оборотов (более 6000 оборотов в минуту).

О мотор-шпинделях, их конструкциях, достоинствах и недостатках будет изложено ниже.

Наиболее распространенная (около 95%) конструкция опор, используемая в шпиндельных узлах металлорежущих станков – опоры качения. Эта распространённость объясняется тем, что они представляют собой стандартный узел т.е. конструкции подшипников качения стандартизованы[3]. Данные изделия изготавливаются специализированными предприятиями. Это повлияло на то, что данное конструктивное решение среди всех типов, используемых в шпиндельных узлах опор, является самым выгодным с точки зрения стоимости.

Основными критериями работоспособности подшипников качения, применяемых в ШУ станков, являются жесткость (радиальная и осевая), быстроходность, несущая способность, нечувствительность к перекосам, момент трения;

В отличие от подшипников качения подшипники скольжения не являются стандартными изделиями, они проектируются и изготавливаются на станкостроительных заводах.

Подшипники скольжения, или жидкостного трения, открывают возможность достижения, превосходящей предыдущие значения, точности с которой шпиндель осуществляет главное движение, устойчивости к вибрациям и нагрузочной способности. К существенным изъянам этих опор можно отнести чрезмерные потери на трение, что наиболее заметно в первое время после запуска, сильный нагрев, влекущий за собой необходимость охлаждения с большим использованием СОЖ, относительную сложность при изготовлении, сложность в эксплуатации (необходимость в особой системе подачи масла и его фильтрации, регулирования давления). Подшипники скольжения изготавливаются индивидуально, они не являются покупными изделиями, хотя некоторые их конструкции и нормализованы. Подшипники скольжения делятся на гидродинамические, гидростатические и аэростатические[4][5].

В связи с внедрением в промышленность новых материалов, предназначенных для изготовления металлорежущих инструментов, в большую сторону расширился диапазон частот, главного движения шпиндельного вала. В связи с этим возникли затруднения: уменьшение показателя стойкости дорожек качения и их разрушение, вызываемое влиянием существенных центробежных сил, рост показателя теплоотдачи, негативные изменения в системе смазки. К решениям данных вопросов, как на территории России, так и за рубежом, разрабатываются свои, индивидуальные подходы. В процессе разработки прецизионных шпиндельных узлов, работающих на высоких скоростях, особое внимание уделяется к тому, чтобы характеристики точности оставались неизменными и с сохранением продолжительности эксплуатации. Основываясь на этих целях, был спроектирован высокоскоростной шпиндельный узел, в опорах которого были применены керамические подшипники большой прочности. Пластичная смазка обеспечивала смазывание подшипников. Кроме нее может применяться масляный туман.

Сравнительное отличие характеристик при использовании данных опор и стандартных опор качения при смазывании этими способами, приведено в табл. 1.

Таблица 1 Улучшение показателей при применении керамоподшипников

	Масляный туман	Пластичная смазка
Скоростной параметр D·n мм/мин	$16 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$
Уменьшение избыточной температуры опор , %	70	50

Дальнейшее усовершенствование конструкций шлифовального оборудования, а именно станков шлифовальной обработки особой точности, возникла

проблема неспособности опорами качения обеспечить необходимые показатели обработки. Это повлекло за собой необходимость в новом конструктивном решении, которым стали аэростатические опоры- опоры принцип действия, которых основан на применении воздуха.

ШУ на аэростатических опорах устанавливаются на оборудование, предназначенное для обработки с получением высокой точности поверхности. Шпиндели подобных станков работают на высоких частотах вращения. Главный вал такого станка вращается на больших частотах. Выбор данного типа опор в ШУ привело к снижению погрешности формы отверстий, получаемых в результате обработки, до 0,5 мкм на внутришлифовальных станках, уменьшению шероховатости обработанной поверхности на один-два разряда при использовании их в шпинделе шлифовального круга.

Точность вращения шпинделей, необходимая для сверхточной обработки, особенно с использованием алмазных инструментов, достигается на аэростатических опорах уменьшением диапазона возможных допусков на изготовление деталей этих опор. На это влияет избранная схема компоновки шпиндельного узла и подбираемые наилучшие его характеристики. Также для сохранения точности обработки в станках категории С используется инерционный метод – шпиндельный вал разгоняется двигателем до рабочей частоты вращения. Далее двигатель прекращает работу. Так как резание материала осуществляется при отключенном электродвигателе – возникающие в процессе его работы вибрации не оказывают влияние на процесс обработки, что дает возможность устранить вибрации, связанные с дисбалансом двигателя.

К плюсам применения таких конструкций относятся хорошее охлаждение ввиду постоянного тока воздуха, обеспечиваемого турбинами, что оберегает вал от температурных деформаций, сравнительное удобство монтажа и ремонтных работ, обусловленные компактными габаритами ШУ, а также безопасность эксплуатации. Воздушная плёнка, возникающая в опорах, способствует уменьшению трения и нивелированию достижению высоких частотных и точностных характеристик вращения главного вала. Минусами же является необходимость в сложном обслуживании- фильтрующие и осушающие воздушный поток установки, чрезмерная шумность, в следствии работы нагнетающих турбин, невысокая мощность, низкий коэффициент полезного действия, вероятность вывода конструкции из строя по причине соприкосновения опорных участков тела шпинделя с телами самих опор, вызванные погрешностями применения ШУ[6].

Высокой точностью рабочего движения характеризуются и ШУ, в основе конструкции которых лежат гидростатические опоры. Для них характерны выдающаяся износостойкость, способность выдерживать значительные нагрузки, возможность исполнения с достижением высоких показателей жёсткости.

В противовес вышеизложенному, потребность в периодической проверке работоспособности шпиндельного узла, большие потери мощностей на холостом ходу, зависящая от скорости работы шпиндельного вала необходимость в системе снижения температуры рабочей жидкости, потребность в системах фильтрования масла и циркуляционного смазывания.

Конструкция мотор-шпинделей (электрошпинделей) основана на том, что ротор электродвигателя связан с шпиндельным валом. В качестве опор в данных устройствах могут быть применены магнитные и гидростатические опоры. Учитывая большой выброс тепла, передающегося на шпиндель, такие системы оснащаются блоками фильтров и электрическими вентиляторами. Данные установки в совокупности с устройствами температурной защиты служат для очистки и охлаждения нагнетаемого к нагретым участкам вала воздуха. Кроме того, в состав устройства иногда входит энкодер - устройство (прибор, датчик) для преобразования угловых положений в аналоговый или цифровой сигнал. Если энкодер предусмотрен в конструкции, то её можно считать шпиндельным узлом. Такие ШУ отличаются от стандартных приводов главных движений, большим энергосбережением и шумоподавлением, меньшей подверженностью вибрации и массой, что в совокупности способствует внедрению их в различные станочные системы, как не имеющие, так и использующие системы числового программного управления.

Электрошпиндели стандартизированы и их параметры описаны в соответствующем государственном стандарте - ГОСТ 14177—88 – «Шпиндели со встроенным приводом»[7]. Настоящий стандарт распространяется на шпиндели со встроенным электро- или пневмоприводом повышенной, высокой и особо высокой классов точности, предназначенные для комплектации шлифовальных станков, а также сверлильных, фрезерных и других станков. Целесообразность применения на станках особо высокой точности с целью достижения высокой частоты оборотов на конечных стадиях обработки. обусловлена малой мощностью. Ниже представлены величины соотношения радиального биения электрошпинделя, смонтированного на опорах качения, при различных частотах вращения на станках различной точности (табл. 2).

Таблица 2 Сравнительные характеристики ШУ с электрошпинделем на станках различной точности

Точность оборудования	Биение при вращении до $36 \cdot 10^3$ об/мин, мкм	Биение при вращении более $36 \cdot 10^3$ об/мин, мкм	Предельная достигаемая шероховатость поверхности после обработки, мкм
Повышенная точность	≤ 4	3	0,32
Особо высокая точность	2,5	2	0,08
Особая точность	2	1,5	0,08

Однако такие конструкции имеют некоторые недостатки. Применение электрошпинделей смонтированных на подшипниковые опоры качения затрудняется быстрым износом последних, обусловленным работой вала на высоких скоростях. С ростом частоты вращения шпиндельного вала, конструктивно снижают диаметры участков, на которые устанавливается подшипник. Данный процесс ведет за собой падение мощностных и жесткостных характеристик главного

вала. Поэтому были разработаны другие типы шпиндельных опор, как например воздушные.

Биение по оси, таких электрошпинделей существенно отличается от вышеописанных показателей для опор на подшипниках качения (табл. 3).

Отрицательным фактором эксплуатации такого рода конструкций является необходимость в устройствах фильтрации, очистки и дегидратации (с целью максимального замедления коррозионных процессов) поступающих к опорам воздушных потоков. Непосредственно для их обеспечения необходимо компрессионное оборудование со способностью нагнетания воздуха под давлением 1,5 МПа. Учитывая это увеличиваются габариты конструкции, и растёт стоимость обеспечения её работы.

Таблица 3 Сравнительные характеристики ШУ с электрошпинделем на воздушных опорах, на станках различной точности

Точность оборудования	Биение шпинделя на опорах качения при вращении до $36 \cdot 10^3$ об/мин, мкм	Биение шпинделя на аэростатических опорах при вращении на любой частоте, мкм
Повышенная точность	2,5	<1
Особо высокая точность	2	<1
Особая точность	1,5	<1

Кроме того, данная система, вследствие недостаточной мощности на сантиметр величины диаметра участков шпиндельного вала может не подходить для всех случаев металлообработки. Для получения больших значений данной характеристики следует использовать в конструкции электрошпинделя гидростатические опоры.

По сравнению с опорами качения и воздушными опорами электрошпиндели на гидростатических опорах имеют большую жёсткость и более точное главное движение. Получаемые поверхности до трёх раз более прямолинейны – меньше волнообразного биения, и в два раза большая величина вибрации поглощается опорами ШУ.

В процессе их эксплуатации следует учесть, что нужно предусмотреть системы циркуляционной смазки и тот факт, что данные опоры плохо поддаются ремонту.

Электрошпиндели на магнитных опорах имеют меньшую энергоемкость, чем электрошпиндели на гидростатических опорах, при более высокой точности обработки и лучшем качестве обработанной поверхности. Кроме того, через систему управления магнитными опорами можно производить балансировку оправки с режущим инструментом в процессе работы, что позволяет улучшить качество обработанной поверхности. Удельная несущая способность

электрошпинделей на магнитных опорах составляет порядка 20 Н/см^2. Высокая стоимость электрошпинделей ограничивает область их применения.

Следующим этапом конструкторской мысли в направлении проектирования шпиндельных узлов является с магнитными опорами. Они выделяются на фоне ранее описанных конструкций шпиндельных узлов с применением опор качения, опор аэро и гидростатических. Они отличны большим диапазоном частот вращения, долговечной работой в условиях серьёзного нагружения без необходимости технического обслуживания и с стремящимся к нулю трением. Притом потребность в энергопитании сохраняется сравнительно низкой. Принцип действия данного вида опор основывается на принципе магнитной «левитации». На шпиндель, парящий в магнитных опорах действуют по кругу силы, стремящиеся к оси вала и равные по модулю, что нивелирует их взаимное воздействие и не даёт валу упасть.

Кроме того, были разработаны шпиндели, оснащённые системами урегулирования рабочей температуры, шпиндели, изготовленные из нестандартных материалов, керамические шпиндели, комбинированные шпиндели и множество других. Рассмотрев различные конструкции шпиндельных узлов каждый вынесет для себя интересующие его характеристики и конструкции. Как пример, концепция, сочетающая в себе несколько конструктивных решений – комбинация скоростного и силового шпинделей, позволяющая при сравнительно меньших габаритах совершить существенно больший диапазон операций, который в обычных условиях потребовал бы большие затраты машинных, людских и, исходя из вышесказанного, финансовых ресурсов. Резюмируя, делаем вывод, что инженерная мысль и производственные необходимости каждый день влекут рождение на свет всё новых и новых конструкций, отвечающих все более новым и новым задачам.

Список литературы

1. ГОСТ 18097-93 (ИСО 1708-8-89) Межгосударственный стандарт. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. нормы точности: – Издание официальное. - М.: Стандартинформ, 2005. – 20 с. (дата обращения: 9.11.2021).

2. ГОСТ 18097–96. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности. – Москва: Изд-во стандартов, 1996. – 23 с. (дата обращения: 9.11.2021).

3. ГОСТ. Подшипники качения. Сборник гостов. Часть 2. - М.: Стандартов, 1989. - 432 с. (дата обращения: 9.11.2021).

4. ГОСТ ИСО 4379 – 2006 Межгосударственный стандарт. Подшипники скольжения. Втулки из медных сплавов. - Издание официальное. - М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с. (дата обращения: 9.11.2021).

5. Автоматизированный справочник шпиндельных опор. М.: ЭНИМС, 1984. (дата обращения: 10.11.2021).

6. Махов А. А., Позняк Г. Н. Динамическая модель шпинделя на аэростатических опорах // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2004. №1.

URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskaya-model-shpindelya-na-aerostaticheskih-oporah. (дата обращения: 9.11.2021).

7. ГОСТ 14177-88 Государственный стандарт союза ССР. Шпиндели со встроенным приводом. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1989. – 16 с. (дата обращения: 12.11.2021).

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРЕДПРИЯТИИ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

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

В настоящее время современные предприятия нефтяной отрасли стремятся как можно больше автоматизировать различные производственные процессы, в том числе электронный документооборот. Это связано с тем, что автоматизация является основой развития современной промышленности, одним из направлений технического прогресса [1]. Под автоматизацией системы электронного документооборота понимают комплекс технических мероприятий по сопровождению процесса управления работой иерархической организации для обеспечения выполнения определенных функций [2].

Система электронного документооборота (СЭД) – автоматизированная система управления рабочими процессами, позволяющая взаимодействовать работникам посредством цифровых устройств без использования бумажных носителей информации.

Информационная модель – это модель объекта, процесса или явления, включающая информацию в качестве основной составляющей моделируемого объекта, процесса или явления.

Под разработкой информационной модели предприятия в данном случае понимается моделирование и анализ всей информации, циркулирующей в системе. Создание таких моделей осуществляется на основе языков моделирования Чена и Беккера. Получаемые модели «сущность – связь» описывают объекты информационного поля разрабатываемой системы и отношения между ними [3-4].

В настоящее время предприятия нефтяной промышленности являются важным звеном в развитии экономики страны. В связи с этим предприятиям требуется автоматизировать СЭД, так как этот вопрос решен частично и влияет на скорость принятия решений. Автоматизация документооборота поможет сэкономить большое количество времени, затрачиваемого персоналом на обработку документации, подготовки отчетов и принятия решений.

Разрабатываемую модель базы данных СЭД представим в виде IDEF–модели (рисунок 1).

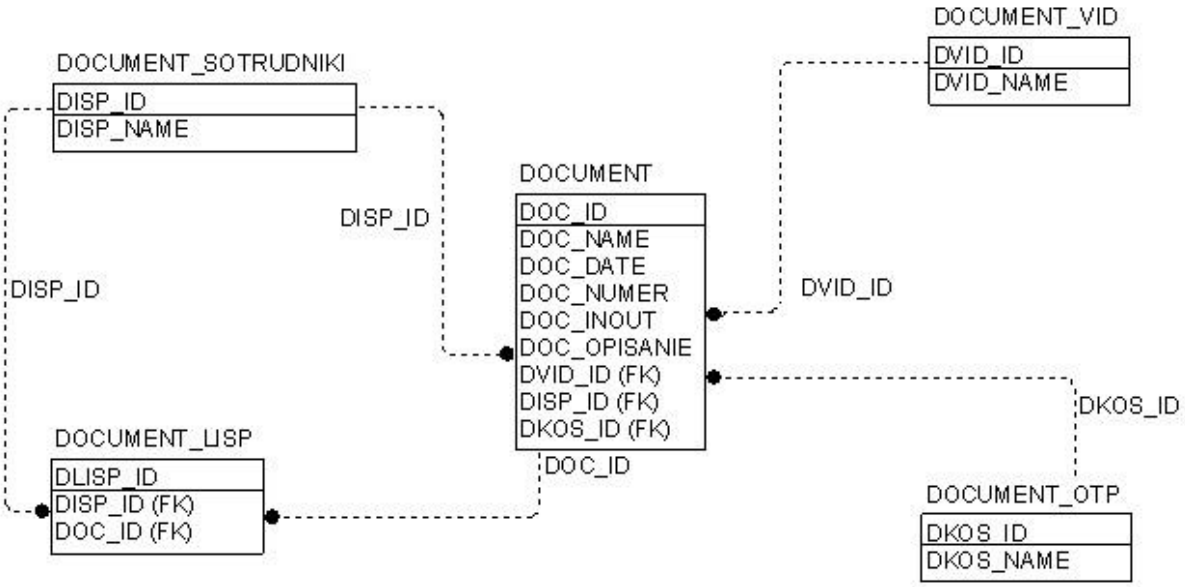


Рисунок 1 – Модель базы данных

Данная модель содержит следующие сущности:

– таблица DOCUMENT – содержит общую информацию о документе: ID документа, наименование документа, описание документа, его дату регистрации, тип документа, исполнитель документа и отправитель документа;

– таблица DOCUMENT_VID – содержит информацию о виде документа;

– таблица DOCUMENT_SOTRUDNIKI – исполнители документации;

– таблица DOCUMENT_LISP – список всех исполнителей;

– таблица DOCUMENT_OTP – отправители документа.

Схема разрабатываемой базы данных СЭД представлена на рисунке 2.

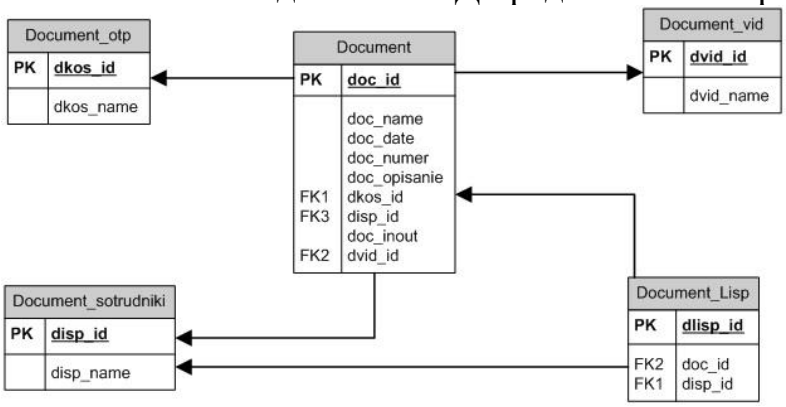


Рисунок 2 – Схема базы данных СЭД

Последовательность действий в системе представим в виде следующего обобщенного алгоритма:

- авторизация пользователя;
- аутентификация пользователя;
- вход в систему;
- ввод/выбор данных;
- работа с документами (поиск, просмотр информации, изменение данных, удаление, сохранение);

– работа с отчетами (формирование отчетов).

Алгоритм активности общей работы системы представлен на рисунке 3.

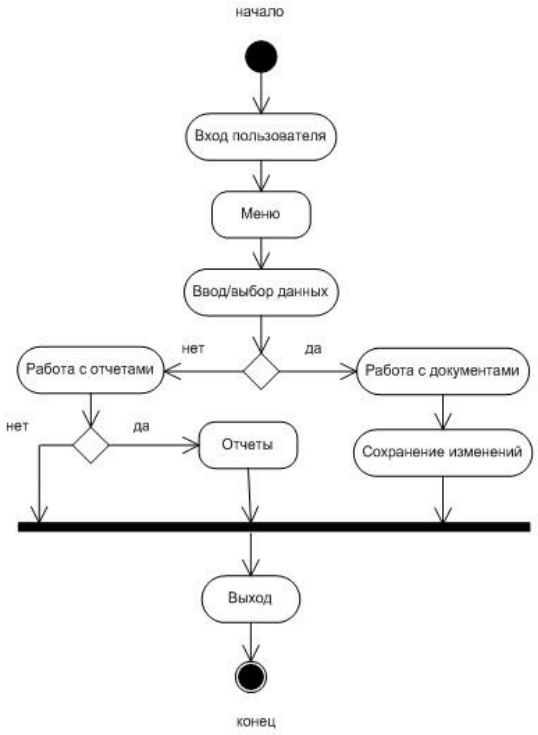


Рисунок 3 – Алгоритм активности общей работы системы

Работа с документами включает прямой поиск документов, как полной, так и неполной информации, поиск по дате регистрации документа, просмотр и изменение информации о документе, создание и удаление документов [5]. Данный алгоритм показывает быстродействие системы при работе с документами. Алгоритм, описывающий процесс работы с документами представлен на рисунке 4.

Он включает в себя:

- вход в систему;
- поиск документов по полям;
- поиск в таблице (поиск по № таблицы, поиск по названию таблицы и поиск по описанию таблицы);
- создание и редактирование отчетов;
- изменение документации (создание, удаление, редактирование).

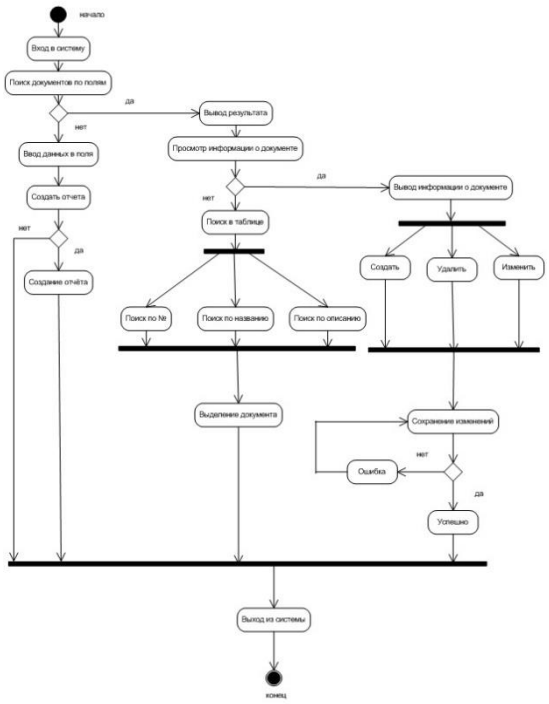


Рисунок 4 – Алгоритм, описывающий процесс работы с документами

Используя данный алгоритм, затрачиваемое время на поиск документов, создание отчетов и редактирование внесенной информации значительно уменьшится.

Таким образом, разработанная информационная модель системы электронного документооборота позволяет ее автоматизировать и за счет этого персонал нефтяного предприятия экономит время на обработку данных, отчетов, принятия решений, отправку сообщений, а также быстро находить нужную информацию в электронных архивах.

Список литературы

1. Системы промышленной автоматизации: учебное пособие/ А. И. Сергеев, А. М. Черноусова, А. С. Русяев, В. В. Тугов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 105 с.

2. Фидлер, В.В. Анализ проблем внедрения систем автоматизации электронного документооборота на предприятиях нефтяной отрасли / В.В. Фидлер, В.В. Тугов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов X Всероссийской конференции. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 232-235.

3. Система электронного документооборота [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.sekretariat.ru (дата обращения: 20.11.2021).

4. Разработка информационной модели [Электронный ресурс] // ИРМ. URL: https://studfile.net/preview (дата обращения: 21.11.2021).

5. Анализ и проектирование программно-конфигурируемых сетей: учебное пособие / А.Л. Коннов, Ю.А. Ушаков, П.Н. Полежаев, В.В. Тугов. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 115 с. - ISBN 978-5-7410-1521-6.

ЭКОЛОГИЧНЫЕ АНАЛОГИ КЛАССИЧЕСКОГО АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

Черникова В.Ф., Хайбуллина К.Р.
Университетский колледж ОГУ

Приведены аналоги стандартному авиационному топливу (керосин, авиационный бензин) в виде более экологичного и безопасного для окружающей среды заправочного материала.

Изначально рассмотрим стандартные виды авиатоплива. Всего применяется два стандартных вида: авиакеросин или авиационный бензин. Выбор топлива основывается на характеристиках самолета. В большинстве случаев используется керосин, его называют также реактивным топливом, а бензин используется на поршневых двигателях. Авиакеросин получается путем перегонки малосернистых и сернистых видов нефти, бензин же получают прямой перегонкой нефти с добавлением высококачественных компонентов и присадок.

Достаточно длительное время в мире очень остро обсуждаются экологические проблемы и их различные решения и это, конечно же, коснулось авиации. Бензин и керосин имеют достаточно заметное негативное влияние на окружающую среду и именно поэтому им нужно искать какую-то замену в виде наиболее безопасного экотоплива [6].

В современном мире существует возможность замены классических видов топлива на более экологичные, такие как биотопливо и криогенное топливо.

Биотопливо.

Топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. Различается жидкое, твёрдое и газообразное биотопливо [9].

Биотопливо подразделяется на 4 поколения.

Первое поколение.

Биотоплива произведенные путем переработки пищевых сельскохозяйственных растений в биодизель или этанол, используя трансэстсрификацию или брожение, или путем смешивания растительных масел с ископаемым топливом, или используя чистое растительное масло в качестве топлива.

Второе поколение.

Биотопливо, произведенное на землях непригодных для производства продуктов питания и с использованием непищевых культур, или произведенное из остатков от производства продуктов питания. Включает в себя технологии производства этанола из целлюлозы, биотопливо из ятрофы (растение семейства молочайных) и другие способы газификации биомассы.

Третье поколение.

Биотопливо, произведенное на землях непригодных для сельского хозяйства с использованием интегрированных технологий, в ходе которых производится либо само биотопливо, либо предшественник биотоплива, но при этом требующее разрушения биомассы. Типичный пример технологии – это

производство биотоплива с использованием микроводорослей, накапливающих в себе липиды, но требующее разрушения клеток водорослей, затем экстракции липидов и их трансформации в биодизельное топливо [8].

Четвертое поколение.

Биотопливо, произведенное на землях непригодных для сельского хозяйства и не требующее разрушения биомассы. Примером такой технологии является производство алканов (основных компонентов моторного топлива) генетически модифицированным цианобактериями в ходе фотосинтеза из углекислого газа. При этом происходит секреция алканов с среду, а сами цианобактерии могут продолжать синтез.

На данный момент в основном используется гибридное топливо, то есть смесь биотоплива с керосином, бензином и подобными видами топлива в различных процентных соотношениях. Большинство современных самолетов могут спокойно заправляться смесью гибридного топлива, чем спокойно пользуются различные компании.

Первое применение гибридного топлива было в 2008 году компанией Virgin Atlantic, смешав 20% биотоплива с керосином. Компания Boeing, как лидер в авиационной отрасли, ставит перед собой цель к 2030 году выпускать самолеты, которые смогут летать на 100% биотопливе [7].

Плюсами биотоплива являются: экологичность; имеются социальные факторы такие как одобрение со стороны общества и с помощью того, что экологические темы крайне популярны на данный момент компании использующие биотопливо получают себе пиар-компанию; также результаты тестирования оказались достаточно хорошими и это топливо ничем не уступает керосину; еще можно добавить, что у биотоплива в отличие от нефти цена более постоянная, так как оно не зависит от цен на бирже [3].

Помимо плюсов имеются еще и минусы: стоимость производства такого топлива крайне невыгодно в экономическом плане, если сравнивать с керосином; само биотопливо содержит слишком много кислорода, что снижает его теплотворную проводность и поэтому оно нуждается в специальной обработке, чтобы его можно было использовать в авиации.

Криогенное топливо в авиации.

Топливом в этом случае служит сжиженный газ, который хранится при очень низких температурах.

Поскольку нефти меньше, чем газов, то она стала уступать криогенному топливу, и примерно в середине 1980-х началось создание самолетов летающих на сжиженных газах[5].

Водород.

Этот газ по своей теплотворной способности втрое превосходит керосин и, кроме того при его использовании в двигателе в атмосферу выделяется вода и совсем небольшое количество окислов азота. То есть для атмосферы он безвреден.

В середине 80-х годов прошлого века в конструкторском бюро А.Н. Туполева начали создавать самолет, использующий в качестве топлива жидкий водород. Работы по этому проекту в бюро шли еще с 1968 года [1].

Первые полет с использованием криогенного топлива состоялся в 1988 году на самолете ТУ-155 [4].

Основные положительные качества водорода: экологичность; высокая теплота сгорания, которая приводит к уменьшению габаритов двигателя и снижению расходу топлива.

Но помимо приятных плюсов имелся ряд сложностей: водород взрывоопасен из-за этого из отсеков где находился бак с топливом пришлось убрать электропроводку; доставлять и хранить водород нужно при температурах около абсолютного нуля и это создавало ряд неудобств и увеличивало стоимость обслуживания.

Сжиженный природный газ.

Поскольку водород оказался слишком дорогим для коммерческого использования, то работы с ним были приостановлены и ТУ-155 подвергся некоторым модификациям для перехода на сжиженный природный газ.

Первые полеты ТУ-155 на сжиженном природном газе состоялись уже в 1989 году. Было проведено около 90 полетов, которые показали, что расход природного газа на 15% ниже чем у керосина.

Топливо на основе природного газа получило множество плюсов: дешевизна, сжиженный природный газ дешевле водорода и керосина в несколько раз; он более простой в хранении, чем водород, так как температура его хранения равна 160˚С (по Цельсию); он менее пожароопасен на фоне водорода, хотя риски все же есть; низкая расходность; также люди имеют больше опыта с обращением и использованием этого вещества и организация газоснабжения на аэропорте не должна быть сложной.

Почему же мы до сих пор не летаем на криогенном топливе? В конце 90-х уже планировался выпуск ТУ-156, которые бы летали и на криогенном топливе, и на керосине (такая гибридная система была необходима, так как не везде была возможность заправки газа) и переход с одной системы на другую требовал бы считанные минуты. К сожалению, выпуск этих самолетов не произошел из-за нехватки финансов. И до сих пор создание летательных аппаратов на криогенном топливе остается лишь на уровне проектов.

В этой работе было рассмотрено несколько аналогов авиационным керосину и бензину. Биотопливо постепенно вводится в оборот, что непременно радует, поскольку этот ресурс в отличие от нефти является восполнимым и более безопасным, хотя так как для авиации это новинка, то соответственно пока что возникают трудности.

А вот с криогенным топливом, к сожалению, возникли проблемы и воплотить в реальность коммерческое использование таких летательных аппаратов не получилось. Время покажет сможет ли человечество летать на подобных самолетах или нет.

Медленно, но упорно человечество приближается к новым технологиям, а также имеет за спиной рабочие проекты, которые можно возобновить для улучшения современных технологий.

Список литературы

1. Топливо для летательных аппаратов XXI века. [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://www.nkj.ru/archive/articles/5757/
2. BOEING ПЕРЕХОДИТ НА ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://www.aviaport.ru/digest/2021/01/25/664805.html
3. Перспективы биотоплива в авиации. [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://habr.com/ru/post/482850/
4. Криогенное топливо в авиации. | АВИАЦИЯ, ПОНЯТНАЯ ВСЕМ. [Электронный ресурс]– Режим доступа: avia-simply.ru
5. Криогенное топливо в авиации. [Электронный ресурс]– Режим доступа: http://avia-simply.ru/kriogennoe-toplivo-v-aviatsii/
6. Как сделать полеты на самолетах менее вредными для экологии | Европа и европейцы: новости и аналитика | DW | 06.09.2019
7. Boeing переходит на экологичные виды топлива | АвиаПорт.Дайджест [Электронный ресурс]– Режим доступа: aviaport.ru
8. Зеленые водоросли, биоотходы и электричество: чем заменят керосин в пассажирских самолетах. [Электронный ресурс]– Режим доступа: hightech.fm
9. Биотопливо или нефть? На чём самолёты полетят в будущее. [Электронный ресурс]– Режим доступа: topwar.ru
10. Биотопливо или нефть? На чём самолёты полетят в будущее[Электронный ресурс]– Режим доступа: https://topwar.ru/180776-biotoplivo-ili-neft-na-chem-samolety-poletjat-v-buduschee.html

ПРОБЛЕМЫ САПР ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «ДИСК»

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

Успешная деятельность предприятия в условиях рыночной экономики неразрывно связана с повышением эффективности его производственной деятельности, которая возможна в результате внедрения научно-технических достижений.

Большое влияние на повышение производительности и, следовательно, на увеличение эффективности труда оказывает автоматизация. И конечно одним из основных путей автоматизации на производстве является применением средств компьютеризации. Одно из направлений автоматизации, это автоматизированные системы подготовки производства, среди которых системы автоматизированного проектирования (САПР) - признанная область применения вычислительной техники [1].

Основными целями применения системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) на предприятиях проектной, конструкторской, технологической сферы деятельности, являются:

- повышение качества проектируемой и выпускаемой продукции;
- повышение технико-экономического уровня объектов проектирования;
- уменьшение сроков и трудоемкости проектирования [2].

На предприятиях проектируют и производят различные типы деталей: тела вращения (диски, валы, втулки), корпусные детали, рычаги. Класс деталей «диски» это цилиндрические, короткие детали на которых отверстия отсутствуют или имеются относительно небольшие отверстия. Подклассы дисков принято называть: диски, кольца, фланцы, маховики, шкивы, шестерни.

Обработка «дисков» сопряжена с необходимостью получения строгой концентричности всех имеющихся поверхностей вращения, также получения параллельных торцов, и неотъемлемое требование получения строго необходимого профиля наружной поверхности, а именно гладкого, выпуклого, ступенчатого или фасонного.

Отдельные детали типа «диск» выполняются составными, поскольку имеют большие габаритные размеры и высокую сложность. К этим деталям относятся, например, составное зубчатое колесо привода ножниц и шкив-маховик диаметром 8 м для привода рабочей клети; вес шкива в собранном виде составляет около 90 т. [3].

Детали типа «Диск» чаще всего являются элементом сборочной единицы. Они предназначены для монтажа отдельных его частей сборочной единицы, а также присоединения в сборочный узел. Диски применяются во многих отраслях машиностроения, для разных нужд оборудования. Разнообразие материалов для изготовления различных дисков, позволяет применять детали для различных

условий внешней среды. За счет этого происходит увеличение спектра создания деталей типа «Диск» [4].

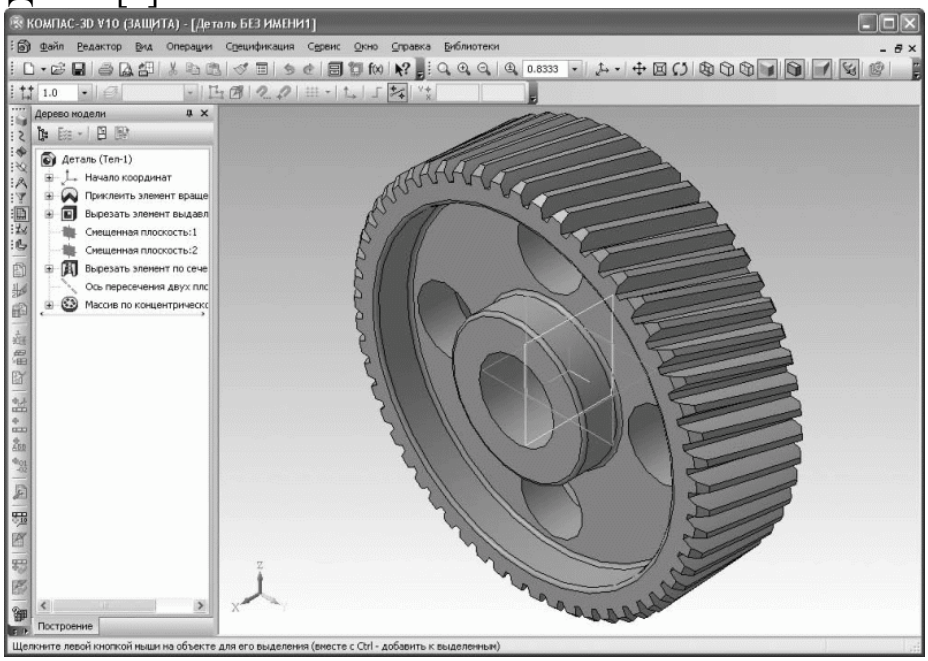


Рисунок 1 - Трехмерная модель зубчатого колеса, созданная программно

Многие детали изготавливаются из легированной конструкционной стали литьем. Помимо роста числа литейных предприятий, производство отливок за период с 2000 г. по настоящее время увеличилось с 65 млн. т до 105 млн.т. Таким образом, происходит увеличение числа изделий, изготовленных литьем [5].

Автоматизированная система технологической подготовки производства должна включать в себя САПР ТП и в то же время сама она является подсистемой комплексной системы автоматизированного проектирования изделия (САПР И), и технологии его изготовления. При этом данные созданные в САПР И передаются в САПР ТП в виде законченного проекта изделия и сохраняются в базе данных (БД).

При проектировании технологического процесса в САПР ТП, используется информация, хранящаяся в БД, в то же время САПР ТП оказывает влияние на решения, принимаемые в САПР И для повышения технологичности детали.

Таким образом, выделим основные проблемы, связанные с САПР обработки детали типа «дисков»:

– необходимость в программном средстве для создания технологического процесса обработки деталей типа «Диск»;

– необходимость описания интеграции САПР ТП с обрабатывающим оборудованием (станками).

Для решения задачи автоматизированного проектирования обработки детали типа «Диск», необходимо применение современных систем проектирования, таких как, КОМПАС-3D или NX. Автоматизированная работа с этими комплексами возможна через динамически исполняемую библиотеку. Для этого необходимо разработать программу для создания технологического процесса

обработки деталей типа «Диск», а также описать интеграцию САПР ТП с обрабатывающим оборудованием. На рисунке 2 представлена диаграмма потоков данных (DFD) для процесса проектирования детали типа «Диск».

Рисунок 2 – Диаграмма потоков данных (DFD)

Основными элементами диаграммы являются функциональные блоки, которые взаимодействуют друг с другом через интерфейсные дуги.

Место, где дуги соединяются с блоком, определяет вид интерфейса. Управляющая информация входит в блок сверху, с левой стороны блока входит информация, подвергающаяся обработке, результаты показаны с правой стороны. Механизм, непосредственно осуществляющий операцию, входит в блок снизу.

Графическая модель системы определяется как иерархия диаграмм потоков данных (ДПД), описывающих асинхронный процесс преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи пользователю. Основными нотациями ДПД являются: внешние сущности; системы/подсистемы; процессы; накопители данных; потоки данных [7].

На рисунке 3 представлена контекстная диаграмма в нотации IDEF0 для процесса проектирования детали типа «Диск». Она состоит из функционального блока, а также **интерфейсных дуг**, которые отражают информационные и материальные ресурсы, связанные с функциями. Входной информацией являются параметры обработки деталей, а также спецификация деталей типа «Диск». Управляющей информацией будут методы моделирования, приказы и положение по САПРу. Ресурсы, выполняющие работу, на диаграмме представлены в виде ЭВМ и проектировщика. В результате проектирования на выходе будет сформирован G-код.

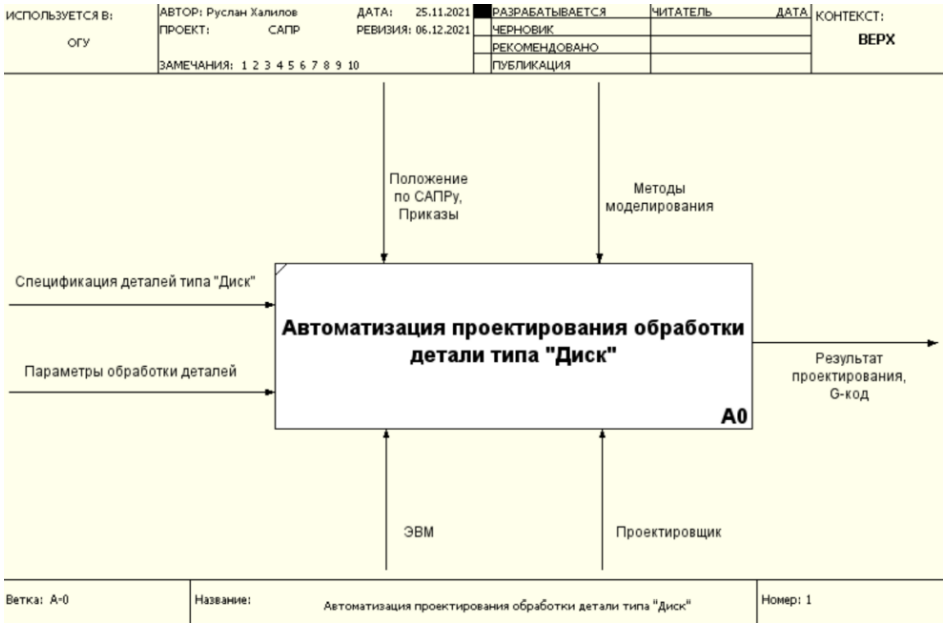


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма в нотации IDEF0

Список литературы

1. Джобасбаев Г.К. Инновация как основной фактор повышения эффективности производства / Г.К Джобасбаев // Деловой ежедневник: Бизнес Путеводитель. — Москва, 2012. – 115 с.

2. Акулович Л.М. Системы автоматизированного проектирования технологий механической обработки деталей: учебно-методический комплекс / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, Е.В. Сенчуров. — Минск: БГАТУ, 2014. — 320 с.

3. Обработка деталей класса «Диски» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://msd.com.ua/texnologiya-proizvodstva-prokatnogo-oborudovaniya/obrabotka-detalej-klassa-diski/

4. Описание детали класса «Диски» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://studopedia.ru/14_72397_opisanie-detali.html

5. Бабук В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учебное пособие / В.А. Шкред, Г.П. Ксивко, А.И. Медведев — Минск: Высш. школа., 1987. — 255 с.

6. Акулович Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учебное пособие / Л.М. Акулович, В.К. Шелег. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. — 488 с.

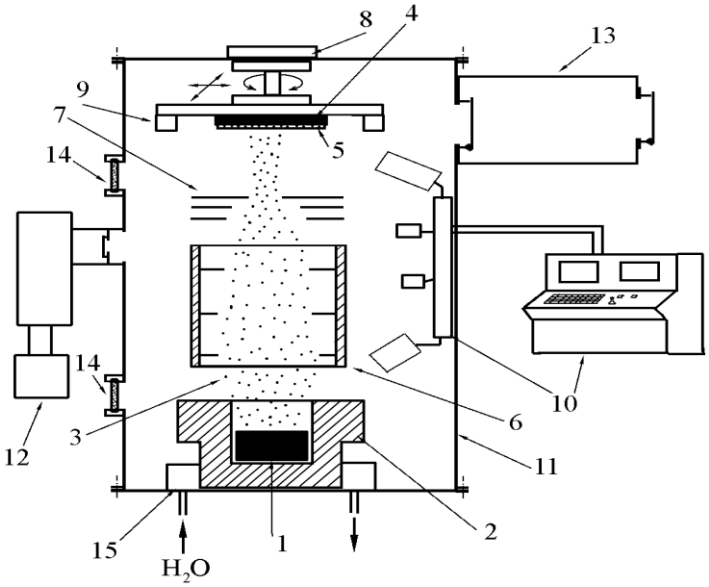
7. Соловьев, Н. А. Системы автоматизации разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Соловьев, Е. Н. Чернопрудова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессор образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. - 2012. - 191 с.

ОБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Хисамутдинов Н.Ф., Бондарев В.В.,
Крылова С.Е., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время все больше повышаются требования к износостойкости деталей. Основная передовая технология в этом направлении, физический метод осаждения - (PVD) покрытия. Метод начали активно использовать в конце 1960-х годов. Первыми установками отечественного типа были «Булат». Суть метода заключается в нанесении покрытия на изделие, при котором на поверхность наносятся композиционный материал.

Нанесение покрытия наносится в вакууме или в атмосфере рабочего газа при низком давлении. Это нужно для легкого переноса частиц от мишени к подложке при минимальном количестве столкновений с атомами или молекулами газа. [1]



1- материал для нанесения на покрытия, 2- система перевода в паровую фазу, 3- испарение вещества, 4- подложка, 5- образовавшееся покрытие, 6- система переноса материала в паровой фазе к подложке, 7- система сканирования потока вещества, осаждающегося на подложку, 8- система закрепления подложки 9- система управления температурой подложки, 10- система управления и контроля технологическими параметрами 11- вакуумная камера, 12- система создания и поддержания высокого вакуума, 13- шлюзовая камера и система подачи и смены подложек, 14- смотровые контрольные окна, 15- система охлаждения.

Рисунок 1- установка для нанесения покрытия PVD-методом, [https://studfile.net/preview/1720241/page:15/]

С помощью данного метода можно наносить композиционные материалы, исследованные в данной работе, такие как Cr_3B_4, W_2C, NbC, MoS_2.

Внешний вид структуры поверхности композиционного покрытия получен с помощью оптического микроскопа, рисунок 2.

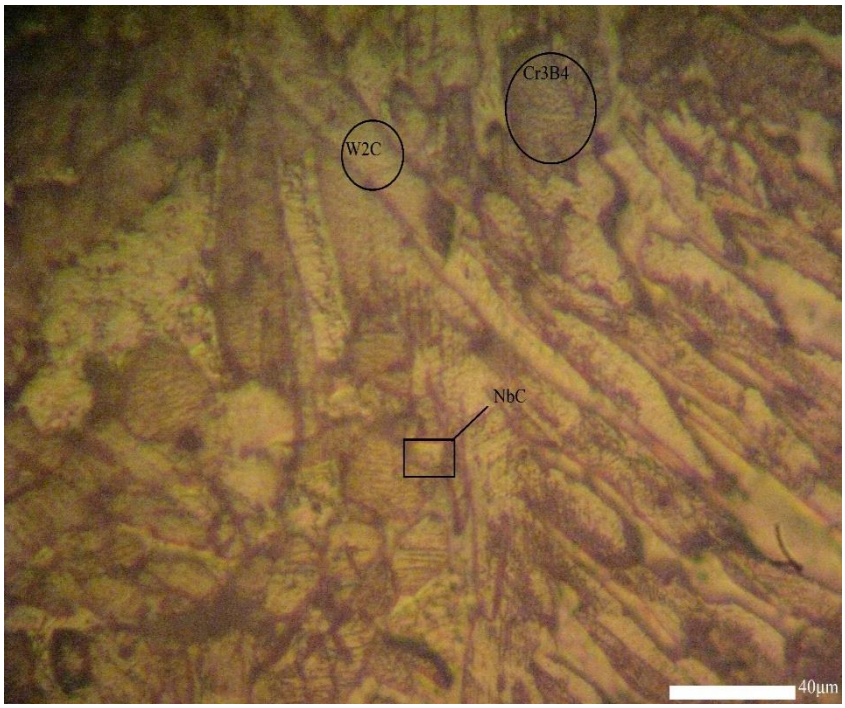


Рисунок 2 - Внешний вид полученного покрытия после травления

В работе проведен анализ химических элементов с помощью электронного микроскопа JEOL-6000. С помощью микроскопа построили диаграммы распределения химических элементов, в разных областях, которые показаны на рисунках 3,4,5, а также определена доля содержания каждого химического элемента

Спектрограмма и результат спектрального химического анализа представленное на рисунке 6 и в таблице 1

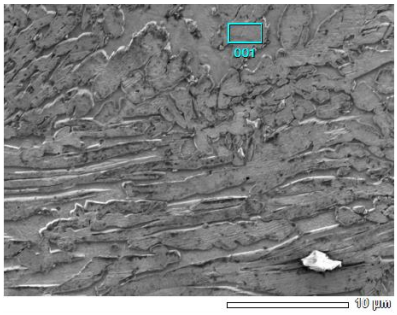


Рисунок 3 - участок исследования 001

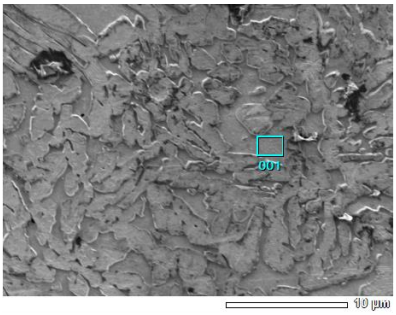


Рисунок 4 - участок исследования 002

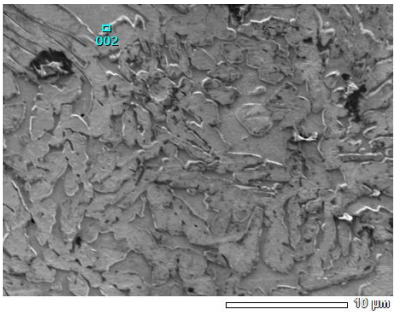


Рисунок 5 - участок исследования 003

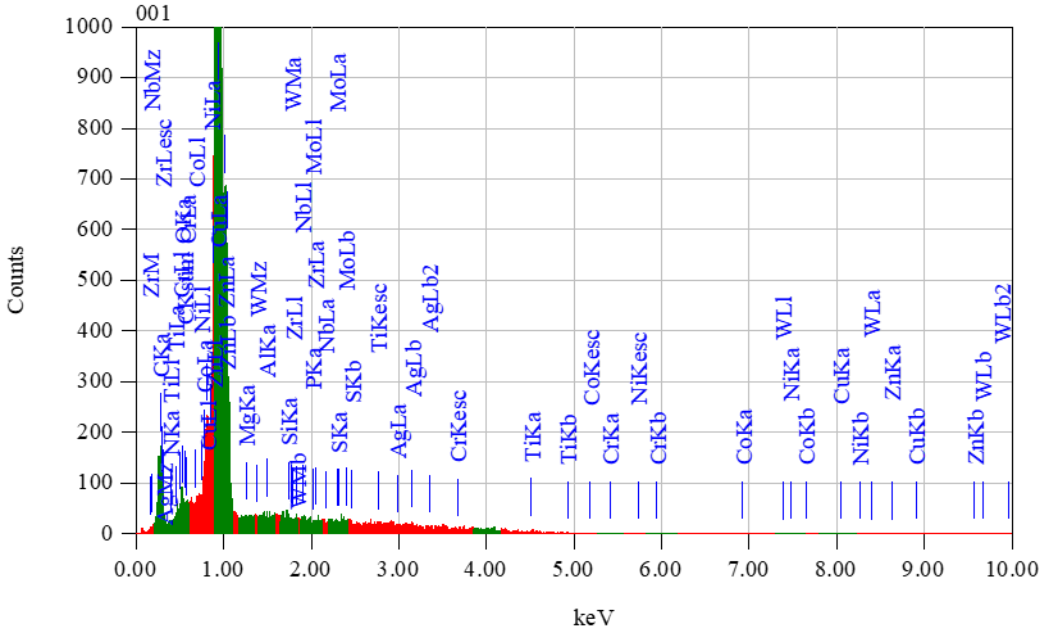


Рисунок 6 - приблизительная спектрограмма участков

Таблица 3- Химически состав в % по массе

Зафиксированный элемент в спектре, %	C	N	O	Mo	W	Si	S	Ag
001	92,32	3,18	4,50	-	-	-	-	-
002	76,30	8,39	9,77	-	-	1.78	3.76	-
003	79.24	4.46	3.91	5.76	2.4	1.25	-	2.98

Результаты микро рентгеноспектрального анализа показывают, что основным элементом, который входит в состав покрытия является углерод, который связан с молибденом, кислородом и азотом в карбидные и карбонитридные соединения.

Полный фазовый анализ исследовали методом рентгеноструктурного анализа с помощью минидифрактометра МД-10 с медным катодом. Образец бомбардировали электронами 30 Кэв в разном диапазоне углов 2Ѳ от 0 до 60° и 2Ѳ 60 до 120°. Результаты рентгено-фазного анализа представлены в виде рентгенограммы, рисунок 7 и 8, и данных расшифровки полученных спектров, таблица 2.

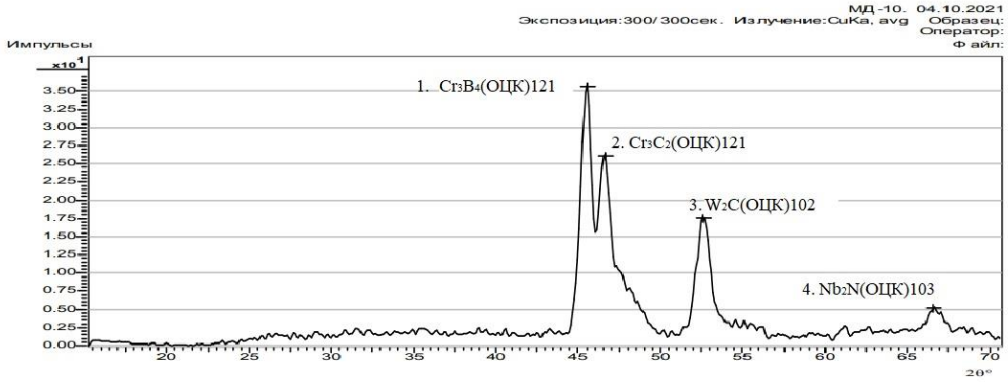


Рисунок 7-рентгенограмма образца в диапазоне от 0 до 60°

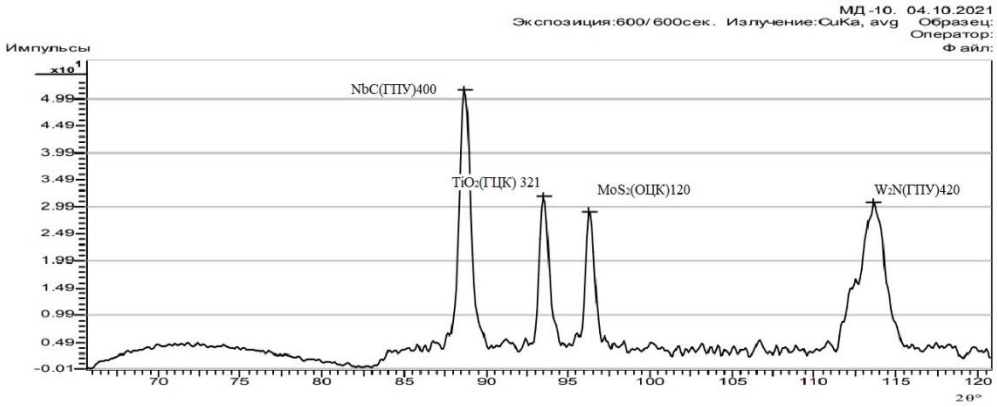


Рисунок 8- рентгенограмма образца в диапазоне от 60 до 120°

Данные расшифровки рентгенографии приведены в таблице 2.

Таблица 4- результаты количественного анализа

№	Q	d	HKL	Тип решетки	Фаза
1	45,54	1,9917	121	ОЦК	Cr_3B_4
2	46,6	1,9488	121	ОЦК	Cr_2C_2
3	52,6	1,7397	102	ОЦК	W_2C
4	66,61	1,4039	103	ОЦК	Nb_2N
5	88,65	1,1033	400	ГПУ	NbC
6	93,47	1,0586	321	ГЦК	TiO_2
7	96,23	1,0354	120	ОЦК	MoS_2
8	113,6	0,9217	420	ГПУ	W_2N

Исходя из результатов рентгенофазового анализа определили, что основными фазами исследуемого композиционного покрытия которого являются: смесь карбида ниобия, карбида вольфрама и карбида хрома. Подобные покрытие

нанесенные методом вакуумно-дугового напыления обладают характерными свойствами, позволяющими использовать их на изделиях для повышения твердости, прочности и износостойкости.

Карбид вольфрама имеет температуру плавления около 2776 градусов и твердость по Виккерсу примерно составляет 23.5 ГПа.

Покрытие состоит из наночастиц карбида вольфрама, диспергированных в металлической вольфрамовой матрице, что обеспечивает повышенную твердость и стойкость к истиранию. Покрытие может быть получено толщиной до 100 микрон. Как нано-структурированный материал он демонстрирует выдающуюся прочность, трещиностойкость и ударопрочность.

Карбид бора имеет температуру плавления около 2188 градусов и твердость по Виккерсу примерно составляет 22.5 ГПа.

Карбид бора представляет интерес, главным образом, вследствие высокой твердости, высокой термической стабильности, абразивной способности, износостойкости, химической инертности в широком интервале температур. Покрытие углеродных и борных волокон карбидом бора значительно расширяет границы их использования. Такие волокна отличаются высокой теплостойкостью [2].

В связи с выдающими качествами, данные покрытия широко используются области производства для нанесения на части конструкций, подвергающихся действию агрессивных сред и высоких температур.

Список литературы

1. Журнал "РИТМ машиностроения" № 7-2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ritm-magazine.ru/ru/public/pvdcvd-pokrytiya-dlya-detaley-mashin-i-mehanizmov

2. Кржижановский Р. Е., Штерн З. Ю. Теплофизические свойства неметаллических материалов (карбиды). Справочник. Л.: Энергия, 1976. — 120 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОКАРОВ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА УЧАСТКЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

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

На рассматриваемом участке механической обработки машиностроительного предприятия осуществляется обработка изделий из стали и других материалов с помощью механического воздействия с применением режущего инструмента. Для выполнения отдельных этапов технологического процесса необходимо организовать поступление к металлообрабатывающим станкам заготовок, инструмента, приспособлений и прочих материалов, в дальнейшем изготовленные и обработанные детали, части и узлы передаются на склад или на другие участки для последующих операций. Таким образом, в результате транспортировки и складирования образуются материальные потоки. Применяемая транспортная система должна своевременно и в требуемой последовательности обеспечить выполнение всех запросов основного оборудования, накопителей и склада [1].

Одним из направлений повышения эффективности функционирования участка является совершенствование транспортно-складских операций за счет автоматизации. Анализ способов автоматизации этих операций приведен в работе [2].

Современными автоматическими транспортными средствами, используемыми для осуществления материальных потоков, являются робокары. Робокары — это вид оборудования, которое считается независимым, то есть ему не нужен оператор. Необходимо только установить нужную программу, и машина будет работать в соответствии со своими задачами. Применение их значительно повышает эффективность работы склада. Робокары экономят время работы на складе и производственных помещениях, избавляют от столпотворения рабочих и значительно упрощают процесс транспортировки. К достоинствам робокаров относят также дистанционный мониторинг и интеграцию с внешними IT-системами; произвольное перемещение.

В данной работе рассматриваются вопросы применения робокаров при транспортировке грузов на участке механической обработки.

Проведен библиометрический анализ работ, посвященных исследованиям в области использования мобильных транспортных средств, в том числе робокары, в производственных и складских системах. Поиск осуществлялся в электронной научной библиотеке eLIBRARY.ru в названии публикации, аннотации, ключевых словах, полном тексте публикации. Рассматривались следующие типы публикаций: статьи в журналах, материалы конференций, диссертации. Распределение публикаций по типам приведено на диаграмме на рисунке 1. Наибольшую долю (45 %) составляют статьи в журналах.

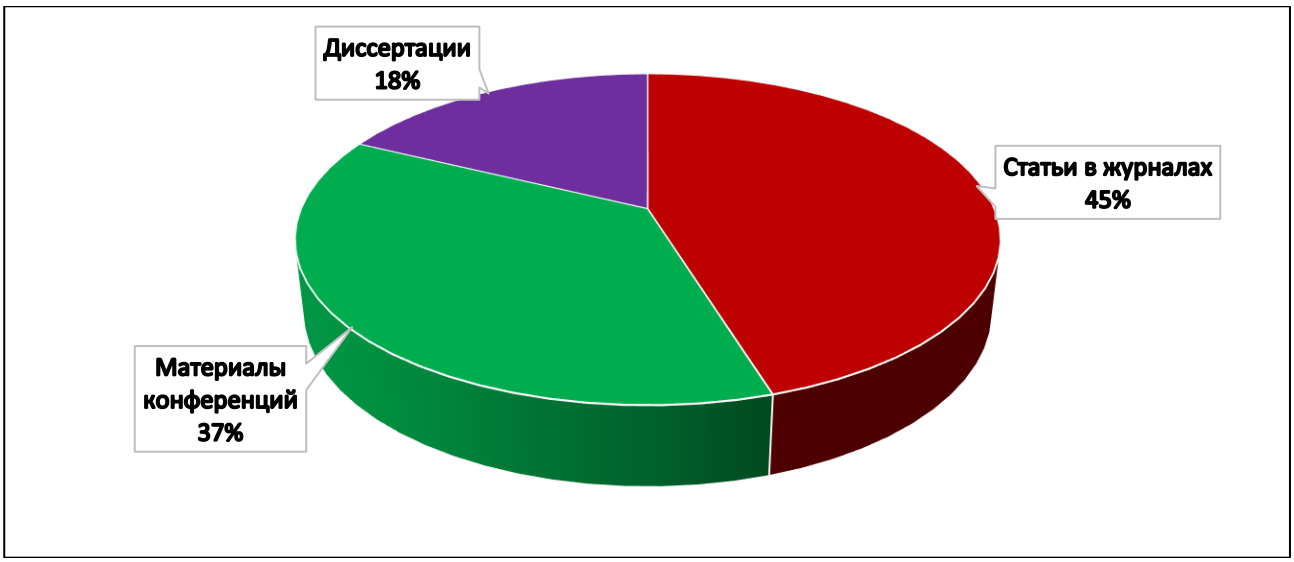


Рисунок 1 - Распределение публикаций по типам

Маршруты робокаров задаются оптической, индуктивной, лазерной и другими системами. Наиболее распространенные системы основаны на индуктивной связи с магнитным полем, создаваемым проводом, проложенным в небольшом углублении в полу по маршруту движения. Траектория движения робокаров в индуктивно-управляемых системах задается замкнутым контуром проводного проводника, который прокладывается по маршруту движения с углублением с последующим заполнением. Рабочая программа движения робокара набирается на клавиатуре бортовой панели управления. Для остановки робокара в заданных точках и определения его местоположения используются ориентиры, расположенные вдоль маршрута (электромагнитные и фотоэлектрические датчики, датчики на проводнике, задающем маршрут движения и т.д.). Бортовой микропроцессор робокара определяет маршрут, контролирует погрузку, разгрузку и т.д. [4].

На рисунке 2 представлена классификация разных навигационных технологий передвижения робокара.

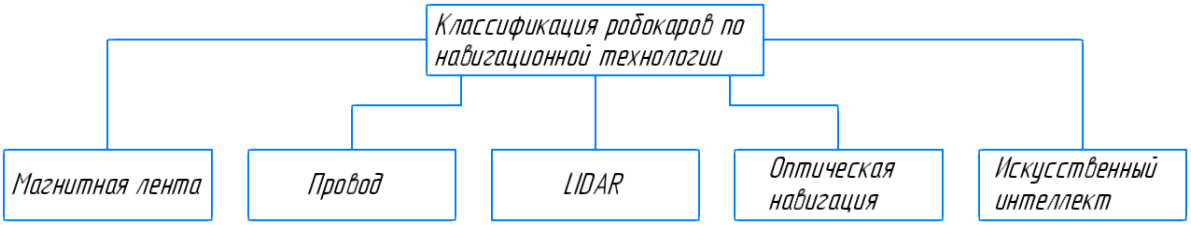


Рисунок 2 – Классификация робокаров по навигационной технологии

В 60-е года на промышленных предприятиях использовались робокары с магнитной системой стабилизации курса, где по трассе прокладываются специальные магнитные ленты, по которым робокары контролируют свое местонахождение, сравнивая его с маршрутом, заданным в бортовой памяти. Современные автономные прототипы начала 2000-х годов управлялись с помощью компьютера. Это позволило внедрить программы управления, которые полностью избавили роботов от участия оператора и расширили свободу передвижения [5].

Наибольшее применение нашли тележки с электромагнитной системой стабилизации курса, где по трассе прокладывается токопровод. Робот двигается в цехе по заданному маршруту над углублённым на 2-3 см в пол проводом, благодаря восприятию датчиком электромагнитного поля провода. Переменный ток возбуждает магнитное поле, которое воспринимается катушкой, установленной на робокаре, и далее следящей системой управления каром. Установленные в грунте и на карах контакты обеспечивают обмен информацией между карами и ЭВМ [6].

LIDAR – это лазерный дальномер, который измеряет расстояние до объектов. Результат работы лидара – 3D-сцена из облака точек с геометрией объектов вокруг беспилотника, которая постоянно обновляется. Наиболее точное определение для технологии LIDAR'а – это метод определения расстояний до объектов с помощью луча света. Существенным недостатком использования LIDAR в цеховой навигации – высокая цена. Большинство лидаров стоят от $3-5 тыс. и выше.

При применении навигации с помощью оптических датчиков на полу цеха наносится белая линия, служащая указателем фотоэлектрическому дальномеру. Отраженный от линии свет фиксируется видеокамерой, которая передает эту информацию в бортовой компьютер, выполняющий коррекцию курса. Навигационные системы этого типа невозможно использовать, если трассы одного или разных транспортных средств пересекаются, поэтому их обычно не устанавливают на робокарах, используемых на заводах или складах.

В последнее время применяются инновационные методы навигации, такой как, например, искусственный интеллект, дающий возможность роботу принимать решения об изменении маршрута самостоятельно. Частично такой метод основан на использовании различных сенсоров, в том числе LIDAR.

Условия использования робокаров:

– важна доступность любой ячейки стеллажей для погрузочной техники;
– учет габаритов изделий, очередность и частоту их прихода;
– проходы между стеллажами должны быть не менее 3 метров;
– оптимальная температура 12-18 °С, относительная влажность – 60 % -70 %.

Исходя из предварительного расчета маршрута движения робокаров по производственному помещению, учитывая вес и тип перемещаемой продукции, предпочтительный тип навигации робокара с помощью провода, требования к входным параметрам будут следующими:

– габариты робокара (длина 2000 мм, высота 1050 мм, ширина 800 мм)
– скорость движения (0,5 м/с).

Требования, предъявляемые к автоматизированной системе:

– контроль правильности выполнения управляющих программ в непредвиденных ситуациях;
– автоматическое отключение электродвигателей движения и срабатывание тормозных систем при столкновении мобильных устройств с препятствиями,

отклонении робокаров от следования за пределы допустимых пределов, отсутствии электропитания или неисправности системы слежения;

– возможность ручной остановки и запуска мобильных устройств в любое время;

– защита силовых элементов от перегрузок;

– предупредительная сигнализация.

Как показал проведенный анализ, основными задачами, которые требуют решения при внедрении робокаров для транспортировки грузов (заготовок, готовой продукции, приспособлений, инструмента), являются:

– разработка системы слежения, обеспечивающей требуемую точность движения по заданной трассе;

– определение эффективных алгоритмов управления с целью оптимизации режимов работы, например, при управлении скоростью, ускорением.

Список литературы

1. Куцелап, К.А. Эффективное проектирование транспортно-складских систем / К.А. Куцелап, В.П. Вороненко, А.Э. Шалдов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 11-2. – С. 84-99.

2. Чаркин, А. В. Анализ способов автоматизации транспортно-складских операций участка механической обработки [Электронный ресурс] / А. В. Чаркин, А. М. Черноусова // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: сб. материалов X Всерос. конф., нояб. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т» ; гл. ред. А. И. Сердюк. - Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2021. – С. 245-249.

3. Либерман, Я.Л. Система управления скоростью робокара с элементами искусственного интеллекта / Я.Л. Либерман, Л.Н. Горбунова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 9. – С. 243-250.

4. Примеры использования робокаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helpiks.org/4-34617.html.

5.Автоматизированные роботы для складских работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vektorus.ru/blog/robot-pogruzchik.html.

6. Назначение и классификация промышленных роботов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studwood.ru/2126893/tovarovedenie/naznachenie_klassifikatsiya_promyshlennyh_robotov.

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Шопанова Г.Е.[1], Султанов Н.З.[1], д-р техн.наук, профессор,
Даев Ж.А.[2], канд.техн.наук, Ph.D., профессор
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
[2]Казахско-Русский Международный Университет, г. Актобе

Газораспределительная станция предназначена для подачи газа потребителям под давлением, требующим степени очистки, а также заданным для учета его количества. В настоящее время широко распространены: автоматизированная станция для подачи газа крупным потребителям, автоматическая газораспределительная станция для подачи газа некоторым потребителям; редуцирующий пункт, предназначенный для оснащения потребителей топливом и пусковым газом на компрессорной станции.

С целью обеспечения газом заселенных мест или индустриальных предриятий от систем магистральных газопроводов сооружается газопроводы-отводы, по которым голубое топливо поступает на газораспределительные станции (далее – ГРС).

Системы газоснабжения индустриальных предприятий и жилых домов требуют бесперебойной подачи газа для выполнения технологических процессов [1].

Современные ГРС оборудуют собственные участи узлы редуцирования разными комплектом регуляторов давления, работающих по определенным схемам, которые обеспечивают бесперебойную и надежную поставку природного газа потребителям.

Существует большое количество проблем, которые часто встречаются в процессе эксплуатации узлов редуцирования газа ГРС. В соответствии с работой [2] наиболее часто встречаются засорение клапана пилотов регуляторов, заедание штоков плунжера, засорение обвязочных трубок, обмерзание различных элементов, разрыв мембран, негерметичность корпуса регуляторов давления после их разбора и т.д. Чтобы избежать этих проблем надо проводить своевременный ремонт и техническое обслуживания, но особую опасность представляют случаи, когда отсутствуют резервные линии редуцирования либо одновременно выходят из строя оба регулятора, т.е. выходят из строя основной регулятор и регулятор-монитор. В данном случае газоснабжение продолжается путем перехода на блок переключения, когда высокое давление подается с входа ГРС на выход без редуцирования [2]. В случаях возникновения нештатных ситуаций с блоком редуцирования блок переключения ГРС приобретает особую важность в целях безопасной и бесперебойной эксплуатации. Как правило, блок переключения ГРС состоит из кранов на входе и выходе ГРС, обводной линии и предохранительных клапанов. Поэтому в рамках данной статьи рассматривается вопрос подачи газа через блок переключения, который обеспечивает необходимое давление газа на

выходе с помощью алгоритмов, построенных на методах нечеткого моделирования.

Согласно работам [3,4] нечеткая модель Мамдани выполняет отображение входных сигналов в выходной сигнал, которое обеспечивает наиболее точную аппроксимацию реальной системы.

В предоставленных работах [5] моделирование автоматической системы регулирования давления газа выполнена с установленной в блоке переключения ГРС помощью запорной арматуры. Процедура традиционного моделирования регулятора на базе запорной арматуры приводит к сложной и трудно-реализуемым моделям, поэтому в рамках решения данной задачи применены методы нечеткого моделирования.

Опыт эксплуатации блока переключения ГРС показывает, что выходное давление зависит не только от темпа падения давления на выходе, но и режима потребления газа, т.е. от расхода газа, который измеряется на замерном узле. Также такой алгоритм может учесть роль предохранительных клапанов, которые выполняют стравливание газа при резком превышении давления на выходе ГРС.

Таким образом, для реализации нечеткого управления блоком переключения необходимо ввести в рассмотрение следующие лингвистические переменные, которые связаны с расходом газа, интервалом времени, характеризующим темп потребления, выходным давлением. Данные лингвистические переменные будут входными переменными системы, а выходной переменной будет процент открытия запорной арматуры.

В работе [5] на основании вывода информации на выходе системы формируется значения, которые могут быть представлены в виде трехмерной поверхности, которая представлена на рисунке 1. Данная поверхность позволяет оценить работу нечеткой системы регулирования давления на выходе ГРС с помощью запорной арматуры в блоке переключения на основе алгоритма Мамдани.

Более подробно можно отследить динамику изменения выходной переменной в зависимости от действия отдельных входных лингвистических переменных, и сделать соответствующие выводы о работе нечеткой системы регулирования давления ГРС. Например, на рисунке 2 изображен график зависимости выходной переменной от расхода потребления газа. Как и было заложено в алгоритм Мамдани, по мере роста давления газа на выходе ГРС процент открытия запорной арматуры должен уменьшаться до минимального значения. На рисунке 2 четко наблюдается поведение нечеткой системы при возникновении подобной ситуации.

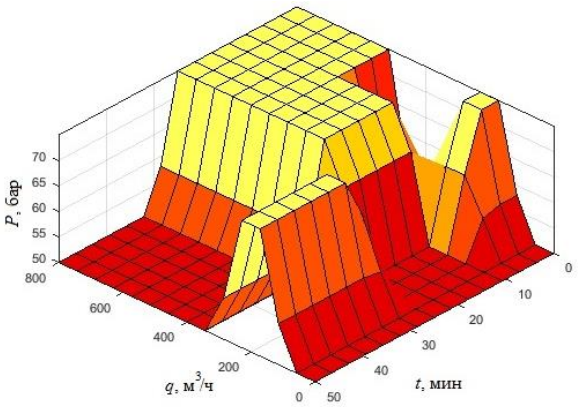


Рисунок 1 – Зависимость выходной переменной от входных переменных

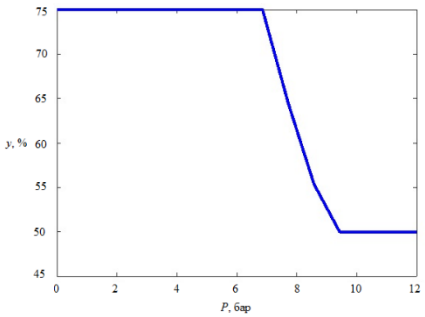


Рисунок 2 – Зависимость выходной переменной нечеткой системы от давления на выходе ГРС

Схожий анализ можно выполнить для входной лингвистической переменной, которая зависит от расхода потребления газа. Данная зависимость представлена на рисунке 3. Из рисунка четко видно, что по мере роста потребления расхода газа, возникает потребность увеличивать процент открытия запорной арматуры, чтобы давление на выходе ГРС не возрастало.

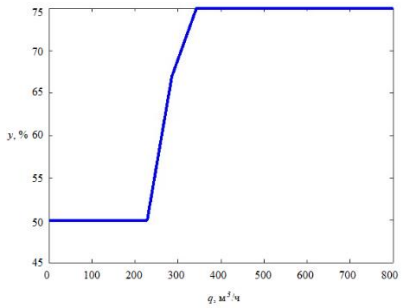


Рисунок 3 – Зависимость выходной переменной нечеткой системы от потребления газа

Из графиков на рисунках 1, 2, 3 видно, что система по-разному реагирует на входные воздействия. По мере роста потребления газа, система начинает увеличивать процент открытия проходного сечения запорной арматуры, а по мере роста выходного давления, наоборот открывать запорную арматуру. Время

длительности установившегося состояния на выходе ГРС влияет по-разному на процент открытия. Совокупное состояние нечеткой системы определяется в соответствии с поверхностью на рисунке 1. Полученные выводы из этих графиков позволят выполнять воздействие на арматуру блока переключения с целью достижения желаемого давления на выходе ГРС и система способна без особых сложностей контролировать давление на выходе ГРС. Это позволяет персоналу ГРС выполнять более качественное и безопасное обслуживание ГРС во время ремонтных работ или аварийных ситуаций в блоке редуцирования газа на ГРС.

Работа системы основана на применении нечеткого алгоритма Мамдани, который позволяет выполнять данную процедуру более надежно и безопасно во время возникновения нештатных ситуаций на ГРС. Предлагаемая система контроля может быть организована в составе штатных АСУТП ГРС магистральных газопроводов на базе программируемых логических контроллеров.

Список литературы

1. Медведева О.Н., Жмуров А.В., Поляков А.С. Обоснование схем редуцирования газа на газораспределительных станциях // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2014. – Т. 36, №4. – С. 39 – 44.

2. Данилов А. А. Автоматизированные газораспределительные станции: справочник. – СПб: Химиздат, 2004. – 544 с.

3 Mamdani E.H. Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis // IEEE, Transactions on Computers. – 1977. – Vol. C-26, №. 12. – P. 1182–1191.

4. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant // Proc. IEEE. – 1974. – Vol. 121, №12. – P. 1585–1588.

5. Нечеткая автоматическая система регулирования давления природного газа Шопанова Г.Е., Даев Ж.А., Султанов Н.З.

ИНТЕГРАЦИЯ В ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

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

Объекты аэрокосмической сферы являются многофункциональными и структурно сложными и требуют эффективного подхода решения задачи обеспечения безопасности, применения множества технических средств и систем. Проблемы управления и поддержания такой сложной инфраструктуры в рабочем состоянии, ее мониторинга и контроля является одной из важнейших задач.

Одним из путей решения данной проблемы является создание единого комплекса, координирующего и управляющего работой всех систем безопасности - интегрированной системы безопасности [1].

Современные ИСБ по своему составу и принципу работы стали ближе к автоматизированным системам (АС), поэтому для их разработки вполне уместно пользоваться ГОСТ 34.602-89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы».

Интеграция в построении систем безопасности позволит:

– сократить затраты на оснащение объекта техническими и программными средствами обеспечения безопасности;

– осуществлять комплексный мониторинг за счет сокращения информации и повышении ее наглядности;

– осуществить автоматизацию принятия решений;

– снизить количество ошибочных действий оператора;

– сделать саму систему более защещенной.

В настоящее время ИСБ должны представлять собой информационные автоматизированные системы управления техническими средствами безопасности объекта, которые не только собирают, анализируют и информируют оператора о состоянии подсистем, но и формируют сигналы управления самими системами безопасности [2].

Используя методологию системного подхода само понятие «безопасность объекта» можно рассматривать как единство трех систем: технической, социально - правовой и человеко-машинных связей (рисунок 1), причем техническая система включает две системы: объект охраны, то, что необходимо защищать, это могут быть: здания, помещения, открытые территории с ограждением, режимные территории, отдельные предметы и техническая система – СФЗ, которая осуществляет защиту (охрану) объектов от угроз со стороны всевозможных нарушителей.

Безусловно, функционирование этих трех систем происходит на фоне воздействующих факторов:

– окружающая и внутренняя среда:

а) физические условия функционирования объекта (границы объекта, количество зданий и их местоположение, планы зданий, составляющие инфраструктуры объекта: отопление, вентиляция, система энергоснабжения и т.д., рельеф, растительность, животный мир, шумовой фон, климат, почва);

б) рабочие процессы на объекте (технологические процессы на объекте, условия работы, тип и количество персонала).

– угрозы:

а) терроризм, преступность, экстремизм;

б) техногенные катастрофы (аварийное отключение энергоснабжения, пожар, утечка газов, радиационная опасность и т.д.);

в) природные факторы (землетрясение, наводнение, проливные дожди т.д.).

– социально-правовые факторы:

а) правовая база антитеррористической и антипреступной борьбы на всех уровнях: международном, федеральном, отраслевом и объектовом [3];

б) взаимоотношения федеральных органов исполнительной власти с органами государственной власти субъектов РФ и органами местного самоуправления в вопросах по обеспечению защищенности объектов инфраструктуры и безопасности населения от террористических и криминальных угроз;

в) отношения собственника объекта к оценке роли системы безопасности.

Рисунок 1 – Понятие «безопасность объекта» как единство трех систем: технической, социально-правовой и человеко-машинных связей

Как видно из рисунка 1 все системы находятся в тесных функциональных взаимоотношениях. Для выяснения функциональных связей между системами, внешним миром и обществом, необходимо выявить источники которые

инициализируют данные отношения. Так влияние общества заключается в том, что федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления развернута широкомасштабная работа по обеспечению защищенности объектов инфраструктуры и безопасности населения от угроз террористического характера.

В настоящее время важнейшими задачами в области правового регулирования безопасности являются [3]:

– совершенствование правовой базы всех уровней;

– приведение правовых основ всех уровней к единым стандартам;

– внедрение разработанной правовой базы в жизнь и строгое ее выполнение на всех уровнях власти.

Влияние внешней среды на систему может проявляться в виде угроз таких, как стихийных бедствий, техногенных катастроф, физических действий со стороны нарушителей. В рамках рассматриваемой концепции безопасности нас будет интересовать угроза, заключающаяся в физическом проникновении на объект. Кроме того, влияние внешней среды проявляется в учете внешних физических условий эксплуатации защищаемого объекта, что накладывает, например, ограничения на применение определенных технических средств охраны, структуры и состава системы безопасности.

Особенность технологических, производственных процессов также накладывает определенный отпечаток на принципы разработки концепции безопасности что проявляется, например, в ограничениях на правила допуска в определенные зоны объекта и т.д.

Список литературы

1. Магауенов, Р.Г. Охранная сигнализация и другие элементы систем физической защиты. Краткий толковый словарь. / Р.Г. Магуенов – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 97 с.

2. Гарсиа, М. Проектирование и оценка систем физической защиты / пер. с англ. / М. Гарсия – М.: Мир: Издательство АСТ, 2002. – 386 с.

3. Бояринцев, А.В. Проблемы антитерроризма: Категорирование и анализ уязвимости объектов. / А.В. Бояринцев., А.Н. Бражник, А.Г. Зуев – СПб.: ЗАО «ИСТА-Системс», 2006. – 252 с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Шумилин В.А., Шумилина Н.А.,
Проскурин Д. А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Подготовка востребованных специалистов в области машиностроительного производства предполагает использование современных информационных технологий. Опыт непосредственного использования приобретается первоначально в курсовом проектировании, а затем закрепляется при написании выпускной квалификационной работы. Обучающиеся Аэрокосмического института для решения задач подготовки к производству машиностроительных изделий, моделирования продукции и объектов машиностроительных производств становятся опытными пользователями таких стандартных автоматизированных систем как: «КОМПАС-3D», AutoCad, Autodesk Inventor, SolidWorks, Siemens PLM Software NX, Ansys, PowerMill, SprutCam, а так же приобретают опыт работы на станках с ЧПУ и системах автоматизированного измерения деталей и инструмента, координатно-измерительной машине.

В данной публикации демонстрируются результаты разработки по технологической подготовке производства детали ОД61 – 7.61.011 – "Стол". Основные средствами автоматизации в проделанной работе стали следующие системы: КОМПАС-3D v18, ASTRA, Ansys Workbench [1].

КОМПАС-3D v18 – российская система проектирования, построенная на собственном геометрическом ядре C3D. Новая версия умеет напрямую читать форматы практически всех популярных CAD-систем без необходимости их предварительной конвертации, а также появились инструменты прямого редактирования геометрии, было доработано поверхностное и листовое моделирование, расширены базовые возможности 3D- и 2D-проектирования, проделана большая работа над скоростью и производительностью системы [2]. Результаты работы по подготовке детали «Стол» на основе рассматриваемого программного средства КОМПАС-3D v18 представлены таблице 1.

ASTRA – система автоматизации размерных расчетов. Данная автоматизированная система технологического размерного анализа (АСТРА) разработана в Аэрокосмическом институте Оренбургского государственного университета. Достоинствами системы являются:

– при ее применении не требуется определять точность размерных связей и минимальные припуски на обработку;

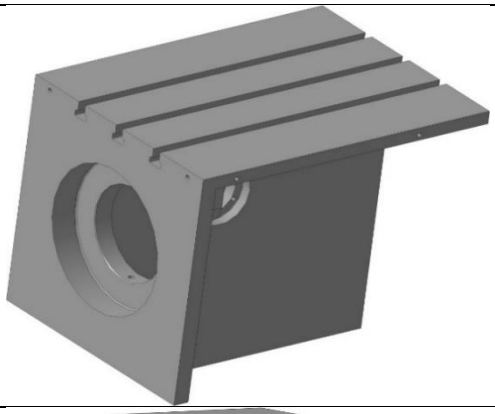
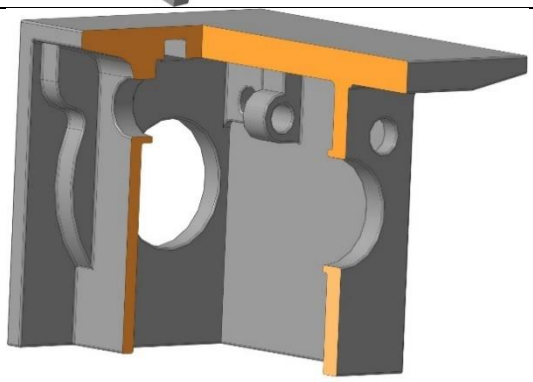
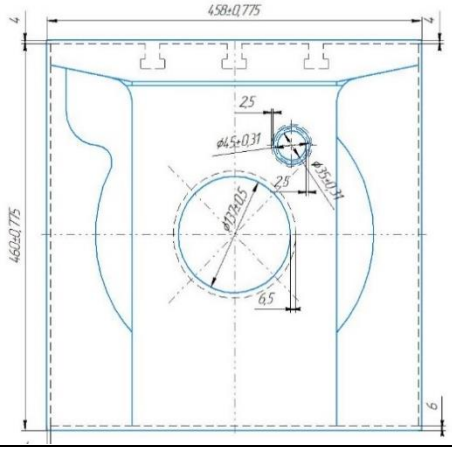
– отсутствует необходимость построения размерной схемы технологического процесса, формирования и расчета размерных цепей. Это обеспечивается включением в состав системы достаточно полной базы данных, включающей:

точность исходных заготовок, точность обработки различными методами, стандартные значения допусков, элементы минимальных припусков;

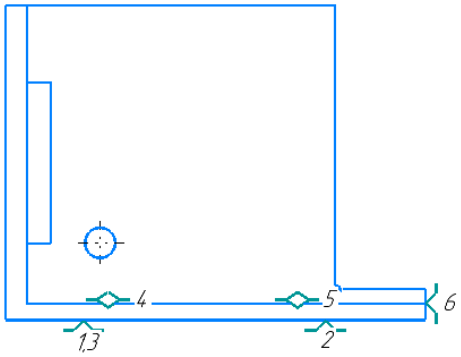
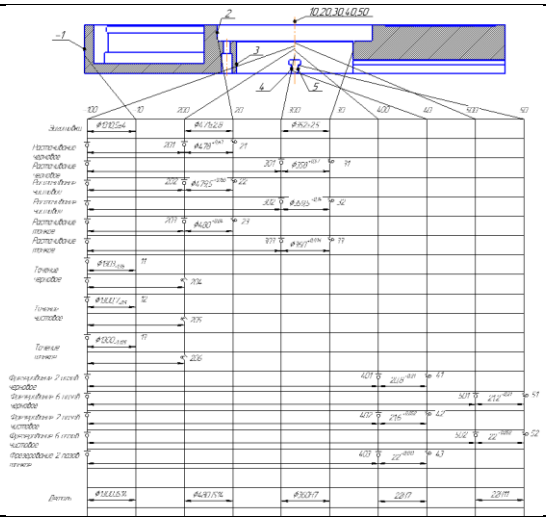
– работа с системой сводится к описанию исходных данных по детали, исходной заготовке и технологическому процессу;

– исходными данными для работы с системой являются: уточненный чертеж детали, эскиз, определяющий конфигурацию исходной заготовки, маршрут обработки. Результаты работы на основе ASTRA представлены на рисунках 1 и 2 [1].

Таблица 1 – Результаты работ в КОМПАС-3D v18 [1]

Наименование модели	Результаты моделирования
3D – модель детали	
3D–модель заготовки	
Чертеж заготовки	

Продолжение таблицы 1

Схема базирования	
Размерная схема	

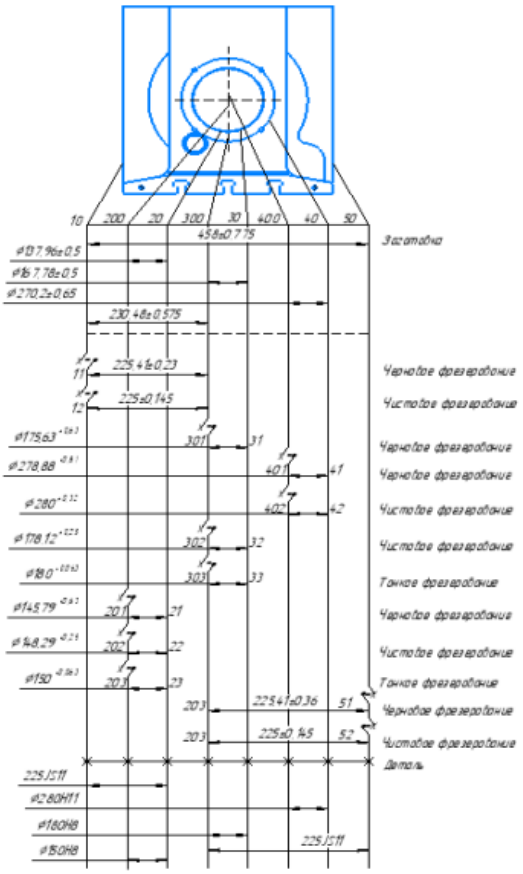


Рисунок 1 – Размерная схема №1 детали «Стол»

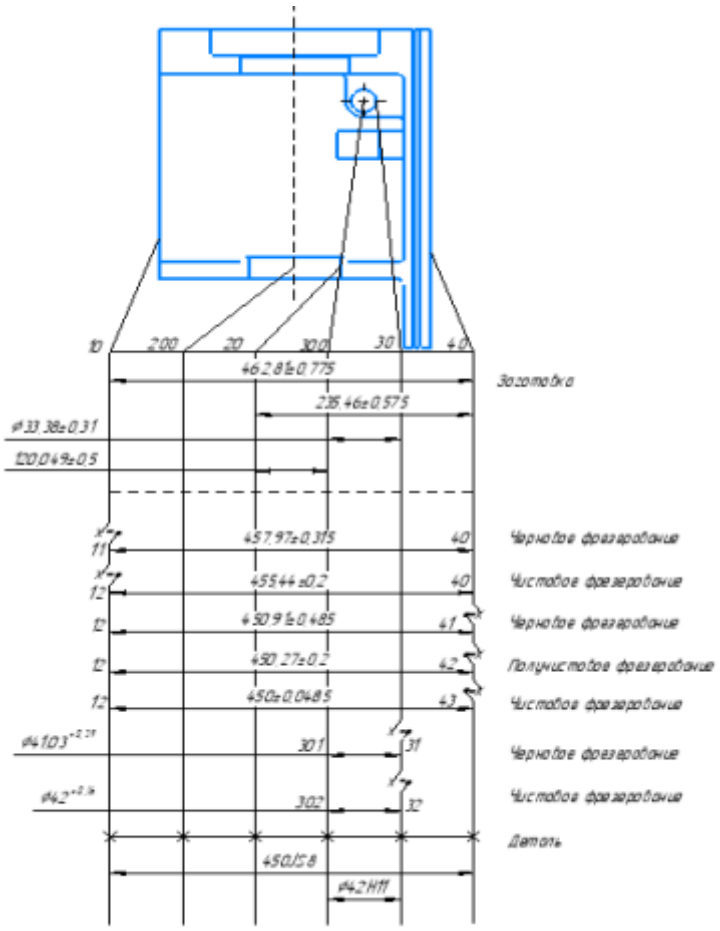


Рисунок 2 – Размерная схема №2 детали «Стол»

Ansys Workbench – система автоматизации для мультифизического моделирования, котрое дает нам возможность исследовать и предсказывать, как продукты будут работать — или не будут работать — в реальном мире [3]. В предлагаемой работе использовали для расчета удерживающего приспособления на нагрузки. Результаты работы на основе Ansys Workbench представлены на рисунках 3-5 [1].

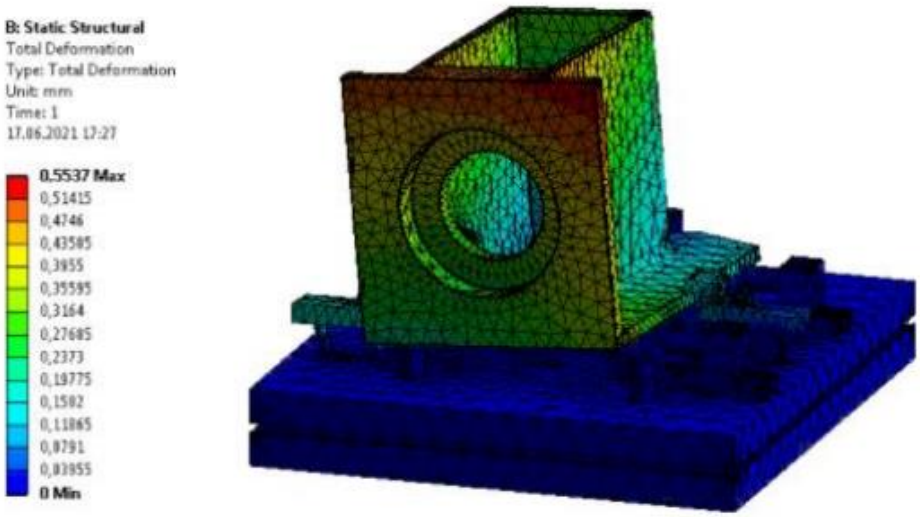


Рисунок 3 – Суммарное перемещение заготовки и приспособления

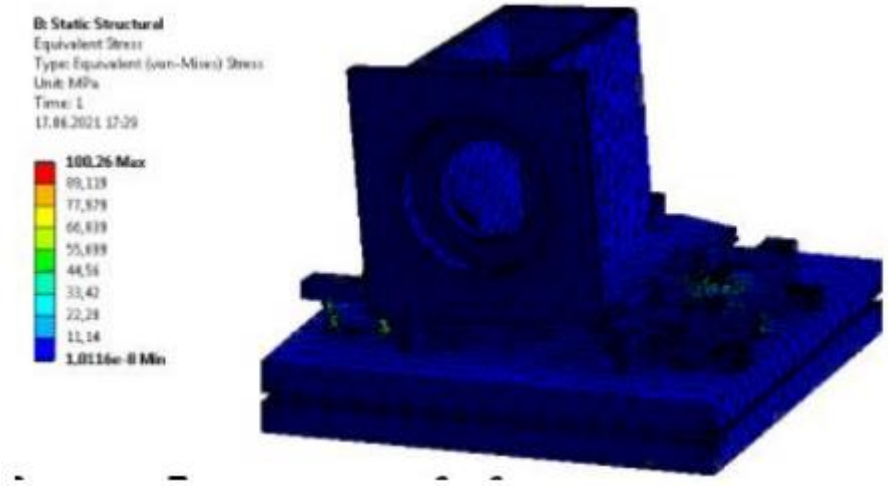


Рисунок 4 – Распределение эквивалентных напряжений

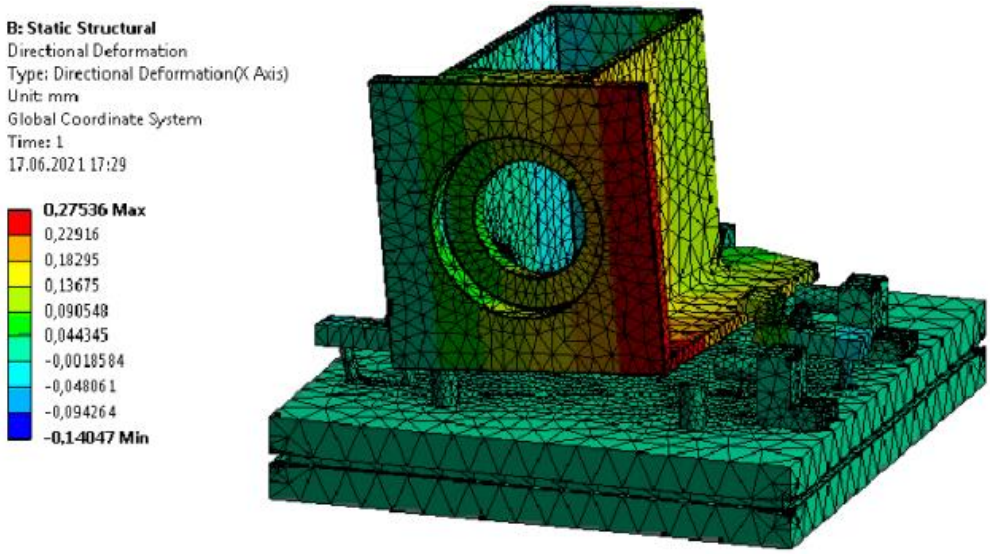


Рисунок 5 – Перемещение заготовки и приспособления по оси X

Список литературы

1. Шумилин, В. А. Технологическая подготовка производства детали ОД61- 7.61.011 «Стол»: выпускная квалификационная работа: направление подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / В. А. Шумилин. - Оренбург. - 2021. - 137 с.

2. TADVISER [электронный ресурс]: сайт/ Режим доступа: https://www.fanuc.eu/ru/ru/чпу/connectivity/mt-linki.- 29.10.2021

3. KOMPAS [электронный ресурс]: сайт/ Режим доступа https://kompas.ru/company/news/items/?news=3287