СЕКЦИЯ 2

«НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Абдуллин Э.Р. 665

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ РАБОТЫ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА Акимов С.С., Жумашева Б.К. 672

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Арефьев Д.П. 676

ОРГАНИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОГО ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ Ахмедьянова Г.Ф. канд. пед. наук, Пищухин А.М. д-р техн. наук, профессор 683

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ Ахмедьянова Г.Ф. канд. пед. наук, Пищухин А.М. д-р техн. наук, профессор, Пищухина Т.А. канд. техн. наук 686

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ В КОНСТРУКТОРСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Носикова Т.В., Целовальников И.М. 689

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКОВ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ БОЛЬШИХ ДЛИН КЛАССА АБСОЛЮТ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Целовальников И.М., Носикова Т.В. 694

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Овинов А.Д. 699

НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 15.04.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ Богодухов С.И., д-р техн.наук, профессор 704

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА Бочкарев А.В., Саитбатталов Р.Р. 709

К ВОПРОСУ О ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК Воронин Д.Н., Радыгин А.Б. 713

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ НА ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ Гаврилов А.А., канд.техн.наук, Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Морозова И.А. 717

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ С ЦЕЛЬЮ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Гуньков С.А., Шепель В.Н., д-р. экон. наук, профессор, Трипкош В.А., канд.техн.наук, доцент 721

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (ЛА) КАК ЭЛЕМЕНТ ИНФОРМАЦИОННОГО КАНАЛА Дудоров В.Б., доцент 725

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ Дырдина Е.В., Иванова В.С.. 730

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С. 736

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КУРСОВЫХ ПРОЕКТАХ И ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ ОБУЧАЮЩИХСЯ Елагин В.В., канд. техн. наук, доцент, Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент 742

ВОПРОСЫ СИНТЕЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ЗАМКНУТЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХМЕХАНИЗМОВ НА БАЗЕ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ 2K-H Жамбаулов Р.С. 748

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ, КАК СРЕДСТВО ПРОФОРИЕНТАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ Заболотнов Д.А., Жунусова И.Е., Шумилина Н.А. 752

АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ ЗАКЛЕПОЧНЫХ И БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАГИСТРАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА Кабанов А.А., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент 758

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАСТРОЕНИИ Калинина И.С., канд. техн. наук 761

ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА Каменев С. В., канд. техн. наук, Искандаров В. З. 766

КРИОГЕННО-СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И ЗАПРАВКА ОБЪЕКТА ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ Каштыпер М.А., Горбунов А.А., канд.тех.наук, доцент 772

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА Киякин В.С., Исмагилов Р.А., Кабиров М.М., Крылова С.Е. канд. техн. наук, доцент 776

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА Козицына Е.Р., Аширова М.Р., Крылова С.Е., канд. техн. наук, доцент..... 780

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ПЛАТФОРМ И СИНТЕЗА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент 784

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ СРЕД Корнипаев М.А., канд.техн.наук, Русяев А.С., канд.техн.наук, Ишмухаметов А.Р..... 787

ОБЗОР ПРЕИМУЩЕСТВ ПРОГРАММЫ САПР E3.SERIES Коробейникова Д.Е., Солдатов Н.Е., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент 792

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ГИБКОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ Кравцов А.Г., канд.техн.наук, доцент, Еркулев А.В., Погадаева. Р.Р..... 796

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Крылова О.В., Крылова С.Е., канд. техн. наук, доцент, Оплеснин С.П., канд. техн. наук, директор ООО «Технология», Оренбург, Губенко В.М..... 802

ОСОБЕННОСТИ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Лапов А.Н..... 810

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСКЛАДКИ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ И РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В КОРПУСЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Леднев С.В., Гриненко А.В 816

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК В АВИАСТРОЕНИИ Луцев А.С., Рафиков Д.М., Николаенков А.А..... 820

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 35ХГСЛ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ Матвеева О. В., Бочагова Ю. Г., Григорьева А.Е., Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент 825

ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ РАКОВИНЫ НА МЕСТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ОТЛИВКЕ Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Коваль С.Ю., Деревянкин Д.В. 832

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ РАМЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ТОНКОСТЕННОЙ ПРОФИЛЬНОЙ ТРУБЫ Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Гаврилов А.А., канд.техн.наук, Морозова И.А. 836

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ Никитин Н.А., Крылова С.Е. канд. техн. наук, доцент, Кучмий А.Ю.,Панферов М.А. 840

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ СТАНЦИЯ И МОДУЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АГРАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Николаенков А. А. 844

УСТРОЙСТВА И ПРИВОДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЗАДАННЫЙ РЕЖИМ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АГРАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Николаенков А.А., Луцев А.С., Осипов Е.В., канд.техн.наук, доцент 848

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОСОВОЙ СТОЙКИ ШАССИ САМОЛЕТА ПРИ ПОСАДКЕ НА НЕРОВНЫЙ ГРУНТ Орленко А.А., Топильский В.В., Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент 854

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ Погадаева Р.Р., Еркулев А.В. 859

О ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА НА БАЙКОНУРЕ Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Плотников И.А... 864

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОЗДАНИЯ 3D –МОДЕЛИ РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКИ ТОКАРНОГО СТАНКА Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор Никитина И. П., канд. техн. наук, доцент 868

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ СТАНКОВ Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Парфёнов И.В., канд. техн. наук, Позевалкин В.В. 873

ГРАНТОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ: ФОРМИРОВАНИЕ И НАРАЩИВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент, Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор, Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент, Кушнаренко В.М., д-р техн. наук, профессор, Лисицкий И.И., канд. техн. наук, доцент . 879

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент, Узяков Р.Н., канд. техн. наук, доцент 885

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ САМОЛЕТА НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Исхаков Р.Р., Горбунов А.А., канд. техн. наук, Кондров Я.В. 891

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАКЕТО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, Кондров Я.В., Семикозов В.С. 896

СВЯЗЬ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Хорьяков М.С., Горбунов А.А., канд. техн. наук, Кондров Я.В. 900

ВЛИЯНИЕ КРУТКИ ЛОПАСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА Проскурин В. Д., канд. техн. наук, доцент 905

О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПРОГРАММНЫМ ПРОДУКТАМ ДЛЯ УЧАСТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент, Баймухаметов Р.И., Михайлова В.А., Шапкин Р.О. 910

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ГОРОДСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Проскурин Д.А. канд. техн. наук, Буренин Д.В. 913

ВЛИЯНИЕ РАССЕЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, СБОЕВ ОБОРУДОВАНИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГПС Радыгин А. Б., Сергеев А. И., д-р техн. наук, доцент 917

СНИЖЕНИЕ ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНЦОВОК КРЫЛА Рафиков Д.М., Луцев А.С. 921

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ КРЫЛА К КОРПУСУ РАКЕТЫ Салата О.Р. 926

ПРОЦЕСС ДОСТАВКИ И УСТАНОВКИ РАКЕТОНОСИТЕЛЯ НА СТАРТОВЫЙ СТОЛ Сейтпанов С.С. 930

МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СБОРКЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЕ

«КОМПАС-3DV17» Сергиенко С.Н., канд.техн.наук, доцент, Фирсова Н.В., канд.техн.наук, доцент, Вождаев А.А., Мирманов Р.С. 934

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВЕРСИЯХ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ «КОМПАС-3D» Сергиенко С.Н., канд.техн.наук, доцент, Фирсова Н.В., канд.техн.наук, доцент, Вождаев А.А, Мирманов Р.С. 939

ОСОБЕННОСТИ ЦЕЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ОПК В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ОГУ Сердюк А.И., д-р техн.наук, профессор, Езерская Е.М., к.п.н., доцент, Гаврюшина Е.В. 944

АСПЕКТЫ В РАСЧЕТЕ ДВИЖЕНИЯ СВЕРХЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Снегирева И.В., Зинзер А.Е., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент 949

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА НА БАЗЕ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ Солдатов Н.Е., Коробейникова Д.Е., Марусич К.В. канд. техн. наук, доцент..... 953

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ Степанникова Ю.В..... 957

НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА Султанов Н.З. д-р техн. наук, профессор..... 960

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Валитов Д.М. 966

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ СВЕРЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R-ПАРАМЕТРОВ Терентьев А.А. 972

КОЛЛЕКТИВНЫЕ РЕШАЮЩИЕ ПРАВИЛА В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор, Акимов С.С. 979

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Тугов В.В. канд.техн.наук, доцент..... 985

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ГАЗОВЫХ ХРАНИЛИЩАХ Ульянова Т.С., Акимов С.С. 989

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МОЛИБДЕНА Федоров П.Г., Крылова С.Е., Григорьев А.С., канд. техн. наук, доцент..... 993

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЬНЫХ ЖГУТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ Филиппов В.В., Осипов Е.В..... 997

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЛИРА 10.6 В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент, Пояркова Е.В., д-р. техн. наук, доцент 1003

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА КАК ГАРАНТ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ (АНАЛИЗ ОПЫТА АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА) Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент 1007

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ МЕТАЛЛОВ Черняев Б.О., Петров Д.В. 1013

ПОВЕДЕНИЕ И ВОЗМУЩАЮЩИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА НА РАБОТУ СИСТЕМ И КОНСТРУКЦИЮ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА Шашков С.С., Осипов Е.В. 1017

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент, Мукатдаров Р.И., Григорьева А.Е. 1021

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА Юшко А.А., Шильников Е.Б., Крылова С.Е. 1024

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Абдуллин Э.Р.
Оренбургский государственный университет

В современном ремонтном производстве широко распространены различные методы восстановления ресурса деталей сборочных единиц (узлов или агрегатов). Одним из наиболее распространенных и весьма простых является замена изношенных деталей на новые. Отчасти это оправдано, например, в том случае, когда деталь не поддаётся восстановлению. Однако существует ряд изделий, восстановление которых с применением существующих в настоящее время технологий связано с уменьшением геометрических размеров изделия в пределах ремонтных размеров, установленных заводом-изготовителем. Но диапазон изменения геометрических размеров, допускаемый изготовителем, составляет малый процент от геометрических размеров новой детали, что ставит под сомнение целесообразность замены изношенной детали на новую. Ранее подобный случай чаще всего приводил к замене изделия, однако представляется возможным восстановить её, избежав полной замены, что являлось с экономической точки зрения затратным и по сути нерентабельным для изготовления вновь.

Метод холодного газодинамического напыления (далее по тексту – ХГН) состоит в том, что мелкие биметаллические частицы или композиционно составляющие порошки, находящиеся в твёрдом состоянии, вводятся в поток газа, движущийся со скоростью звука, и направляются непосредственно на преграду, то есть на поверхность восстанавливаемой детали со скоростью несколько сотен метров в секунду. Сталкиваясь с ней в процессе высокоскоростного удара, композиционные частицы закрепляются на поверхности, формируя таким образом сплошное покрытие с хорошей адгезией. Обычно частицы напыляемого порошка имеют температуру значительно ниже температуры их плавления.

В случае, когда напыляемый порошок представляет собой смесь, по крайней мере, двух компонентов, один из которых – пластичный металл, а второй – порошок керамики или более твёрдого металла (можно рассматривать более сложные композиции), процесс протекает иным образом, чем в простейшем случае. Частицы такой смеси порошков, увлеченные потоком газа в сопле, с высокой скоростью соударяются с препятствием, однако характер взаимодействия с поверхностью препятствия металлических и керамических частиц существенно различается.

Частицы керамики при ударе практически не деформируются и либо отскакивают от поверхности, унося при этом часть основного материала этой поверхности, либо внедряются в нее, образуя прочное сцепление с

поверхностью. На основании эрозионного воздействия керамических частиц на поверхность происходит в последствии эффективная очистка от загрязнений, абсорбированных веществ, окисных плёнок, а также в процессе формируется микрорельефная поверхность.

При соударении частиц с основной поверхностью происходит их пластическая деформация, что приводит к образованию в пятне контакта химических связей. Последующие удары керамических частиц по закрепившимся на основной поверхности частицам металла дополнительно деформируют их, уплотняя в связи с этим покрытие, увеличивая адгезию материала детали и напыляемых частиц.

При ХГН покрытий условно можно выделить три основные стадии процесса:

Первая стадия – это очистка поверхности от окислов, маслянистых образований и других загрязнений потоком высокоскоростных частиц. При этом активизируется процесс осаждения частиц напыляемого композиционного порошка с образованием микрорельефа.

Вторая стадия – это получение зоны контакта покрытия с поверхностью, ответственной за прочность сцепления покрытия последних. За счет высокоинтенсивного соударения микрочастиц происходит пластическое деформирование основного материала детали и наносимого порошка, идёт процесс их частичного внедрения и закрепления на поверхность.

Третья стадия – это образование «финишного» покрытия. Каждая частица при ударе «прессует» предыдущий слой частиц, что улучшает их взаимодействие друг с другом, уменьшая или вовсе устраняя зазоры между частицами. При этом сама частица в результате передачи своей энергии на формирование покрытия, может и не полностью закрепиться в нём.

Таким образом, образование покрытия происходит как результат множества высокоскоростных ударов микрочастиц о поверхность детали. При этом выделяют основные процессы, которые влияют на сцепление частиц с подложкой и друг с другом (см. Рис. 1.).

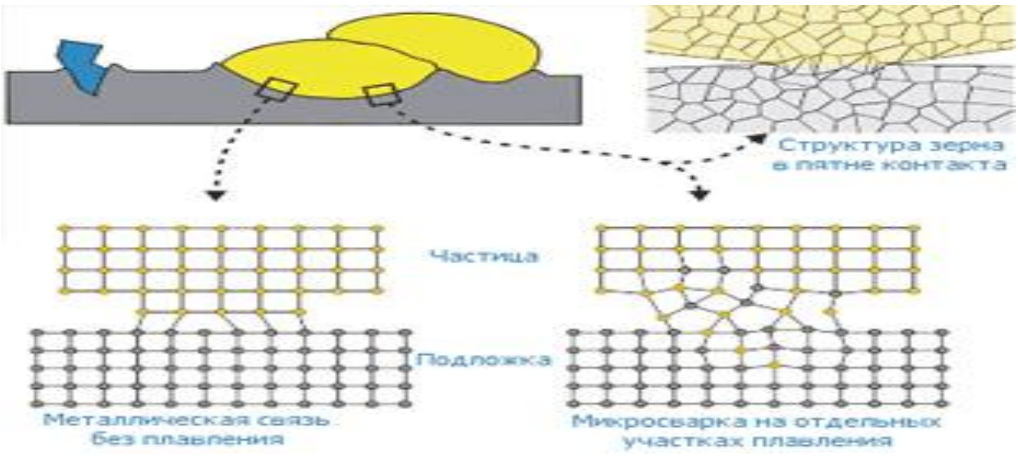


Рис. 1. Основные процессы, ответственные за сцепление частиц с подложкой и друг с другом

Во-первых, это тесное соприкосновение кристаллических решёток до образования металлических связей на отдельных участках пятна контакта. При этом нигде в пятне контакта не происходит плавления частицы или детали под воздействием транспортирующего газа. Этот механизм сцепления аналогичен технологии сцепления при сварке взрывом.

Во-вторых, на отдельных неровных участках может происходить плавление падающих частиц, может одновременно осуществляться точечная микросварка посредством перехода кинетической энергии частицы в тепловую.

В-третьих, важную роль может играть и механическое сцепление частиц с деталью, в частности, частиц в подложку.

Сущность метода ХГН металла включает в себя формирование в сопле сверхзвукового газового потока, подачу в этот поток порошкового материала с размерами частиц 0,01-50 мкм, его сверхзвуковое ускорение в сопле и направление частиц порошка на поверхность изделия. Ускорение частиц возможно в среде холодных или подогретых газов, таких как: воздух, гелий, азот. Значения температуры существенно ниже температуры плавления материала порошка (0,4-0,7 Т пл.). Технология ХГН позволяет наносить металлические покрытия не только на металлы, но и на стекло, керамику, камень, бетон. Покрытия, нанесенные этим методом, механически прочны и имеют высокую адгезию к подложке. Явление формирования покрытий методом холодного газодинамического напыления впервые было обнаружено в Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН) в начале 80-х годов прошлого века. Они показали, что для формирования покрытия необязательно, чтобы частицы находились в расплавленном или предрасплавленном состоянии, а покрытия можно получать из частиц с температурой значительно ниже их температуры плавления, в отличие от традиционных методов напыления.

Основные экспериментальные факты:

1. Наиболее важным параметром при холодном напылении является скорость частиц, именно от ее величины зависят адгезия, пористость, микротвердость покрытий и др. Для всех частиц с диаметром d=50 мкм существует «пороговая» величина скорости взаимодействия их с подложкой (500-600 м/с). Если скорость ниже этого значения, то наблюдается процесс эрозии. При скорости выше «пороговой» процесс эрозии переходит в напыление.

2. Существует критическая величина расхода частиц, при котором напыление не происходит независимо от времени воздействия потока.

3. При расходе частиц выше критической величины частицы прочно сцепляются с поверхностью изделия и между собой, образуя в напыленном слое плотную упаковку. Из рис. 2, а) видно, что внешняя часть покрытия представляет собой совокупность деформированных частиц напыляемого материала с характерным размером d=20-40 мкм и следами (кратерами) от ударов бомбардирующих частиц. Поперечный разрез (шлиф) покрытия (рис. 2,

б) показывает, что оно отличается малой пористостью и хорошей однородностью по всей толщине слоя. Наличие шероховатой границы между напыленным слоем и поверхностью тела, которая предварительно обрабатывалась по 10 классу чистоты, свидетельствует о том, что перед образованием напыления также имеет место пластическая деформация и эрозия поверхности тела.

4. Только малая доля частиц, разгоняемая сверхзвуковым потоком, в итоге напыляется на изделие, основная же доля отражается и уносится потоком газа. Масса напыленных частиц увеличивается с ростом расхода порошкового материала.

5. При формировании покрытия нагрев поверхности изделия незначителен. Разница температур для поверхности только обтекаемой потоком газа и при напылении покрытия составляет около 45 градусов.

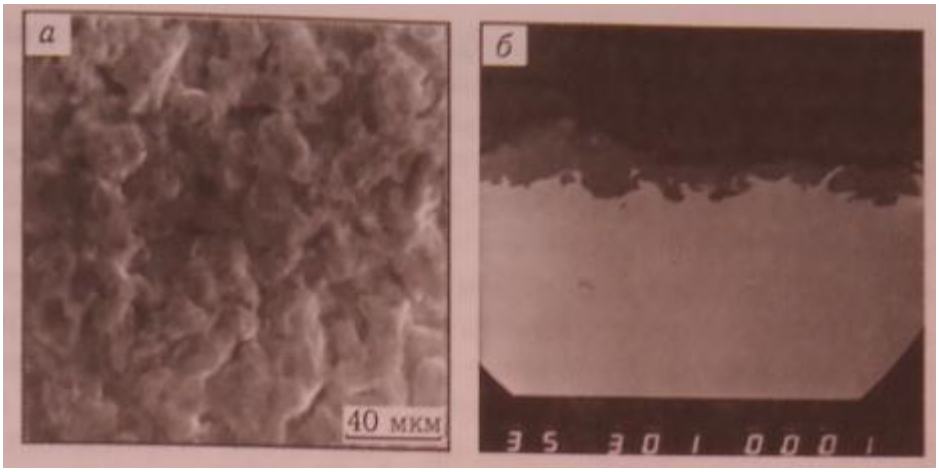


Рис. 2. Микрофотографии внешнего слоя (х150) и поперечного шлифа покрытия из частиц алюминия (электронный микроскоп, х300)

Существует 2 разновидности холодного газодинамического напыления: высокого и низкого давления. Сравнение типичных параметров оборудования для напыления по этим двум способам представлено в табл. 1. В общем, качество покрытий нанесенным методом высокого давления выше и требования к определенному размеру частиц порошка ниже. Главное достоинство метода низкого давления в более низкой стоимости оборудования и его меньших габаритах.

Таблица 1. Сравнение режимов холодного газодинамического напыления высокого (ХГНВД) и низкого давления (ХГННД)

Параметр	**ХГНВД**	**ХГННД**
Газ	Азот, гелий, смесь	Сжатый воздух
Давление, бар	7-40	6-10
Температура нагрева, ^{0}C	20-550-800	20-650
Расход газа, м^3/мин	0,85-2,5 (азот), макс. 4,2 (гелий)	0,3-0,4

Продолжение таблицы 1

Расход порошка, кг/ч	4,5-13,5	0,3-3
Расстояние для напыления, мм	10-50	5-15
Мощность, кВт	17-47	3,3
Размер частиц, мкм	5-50	5-30

На рис. 3 представлена принципиальная схема напыления покрытий холодным методом высокого давления. Газ под высоким давлением нагревается и смешивается с порошком, затем газопорошковая смесь поступает в сопло, где она ускоряется до сверхзвуковой скорости и направляется на подложку, формируя покрытие.

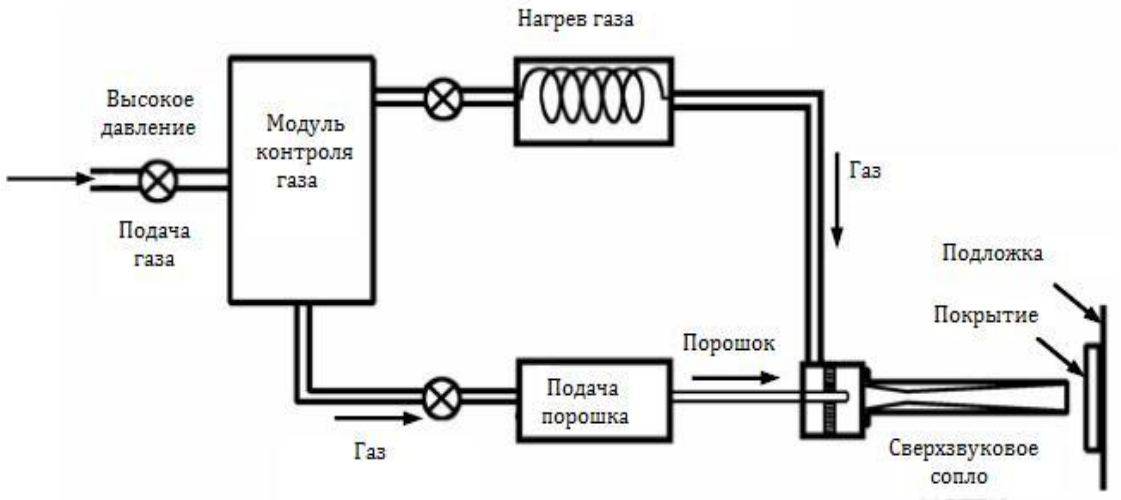


Рис. 3. Принципиальная схема холодного газодинамического напыления высокого давления

Основное отличие сверхзвукового сопла для этих технологий заключается в том, что при напылении с низким давлением порошок поступает перпендикулярно газовому потоку прямо в сопле, а при технологии высокого давления в сопло поступает газопорошковая смесь (рис. 4, 5). Также отличием является то, что подогрев газа при высоком давлении осуществляется перед сверхзвуковым соплом, а при низком давлении непосредственно в нем.

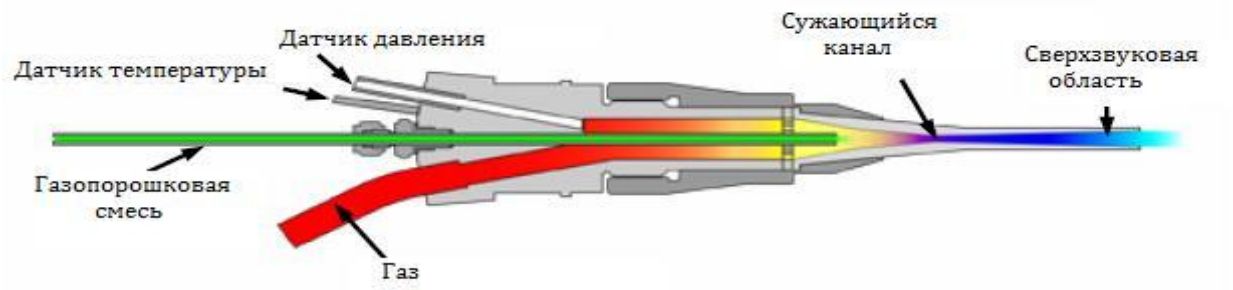


Рис. 4. Конструкция сопла для холодного газодинамического напыления высокого давления

При методе холодного напыления низкого давления обычно напыляют различные металлические порошки вместе с добавкой керамических частиц (Al_2O_3, SiC). Считается, что эти добавки активируют поверхность подложки, улучшая адгезию, и благодаря им прочищается сопло.

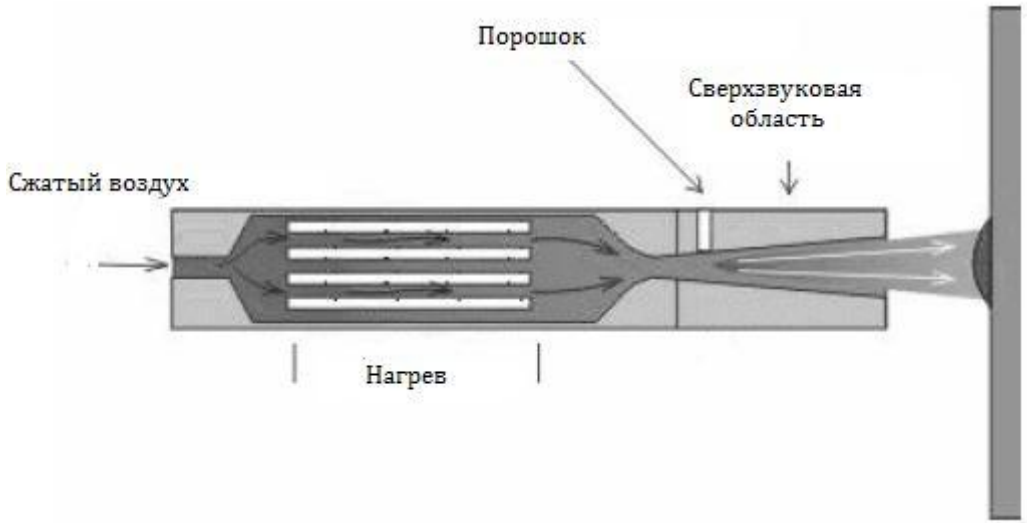


Рис. 5. Конструкция сопла для холодного газодинамического напыления низкого давления

Холодный метод нанесения покрытий, в основном, применяют для восстановления различных металлических деталей в случае трещин, сколов, истирания. Также у них высокий потенциал в качестве антикоррозионных, теплопроводных покрытий. Традиционные методы термического нанесения покрытий имеют ряд недостатков ввиду несовершенства технологии восстановления деталей, которых лишён метод ХГН. Метод газодинамического напыления позволяет получать покрытия из большинства металлов и сплавов (Al, Zn, Cu, Fe, Ni, V, Co, Sn и др.) на различные изделия из металлов и диэлектриков, включая стекло, керамику и т.п. При этом характерное значение адгезии составляет 30 … 80 Мпа, пористости – 1 … 10%, толщина слоя – 1 … 10000 мкм, коэффициента использования порошка – 50 … 80%. Он может применяться в машиностроении, авиастроении, сельхозмашиностроении, судостроении, автомобилестроении, электронной технике, приборостроении и т. д., для получения антикоррозионных, упрочняющих, изолирующих, антифрикционных, электро- и магнитопроводящих покрытий.

С учётом написанного выше представляется перспективным применять ХГН в ремонтном производстве как альтернативу традиционным методам газотермического напыления.

В настоящее время в РФ в серийном производстве применяется оборудование, в котором в качестве транспортирующего газа применяется воздух, подаваемый компрессором. Подобное портативное оборудование производится Обнинским центром порошкового напыления, в то время как в Европе и Америке применяется также азот или гелий, а производится установка

компаниями SupersonicSprayTechnologies (Канада), Inovati и ASB-Industries (США) и CGT (Германия).

На сегодняшний день метод ХГН получил широкое признание специалистов в области поверхностной обработки материалов, защиты материалов от коррозии, уменьшения трения, повышения электро- и теплопроводности, а также упрочнения поверхности и многих др. Из-за отличий параметров процесса и в зависимости от предпочтений и представлений разных исследователей описанный метод напыления металлических покрытий имеет множество названий: «холодное напыление», «быстрое напыление», «кинетическая металлизация», «кинетическое напыление», «динамическая металлизация» и др. Несмотря на некоторые технические различия все подходы включают процесс ускорения частиц по законам газовой динамики и процесс динамического взаимодействия частиц с основной. Поэтому использование термина «газодинамическое напыление» вполне полно описывает процесс и метод в целом.

Главной проблемой для российских учёных является конструктивная особенность оборудования, не позволяющая наносить порошки из чёрных металлов. Однако это затруднение вполне представляется преодолимым.

Список литературы

1. Нанесение металл-полимерных покрытий методом холодного газодинамического напыления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vivliophica.com/articles/physics/515546/ (дата обращения: 09.01.2019).

2. Особенности технологии напыления металлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dimet.info/tekhnologiya/ (дата обращения: 10.01.2019).

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ РАБОТЫ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА

Акимов С.С., Жумашева Б.К.
Оренбургский государственный университет

Одной из важнейших составляющих экономики нашей страны является нефтегазовая промышленность. Данный вид промышленного производства состоит из ряда более мелких операций – добыча, транспортировка, хранение, переработка и реализация нефти и газа, а также сопутствующих продуктов. Транспортировка газа и нефтепродуктов – один из основных элементов нефтегазовой промышленности, имеющий свои особенности и нуждающийся в отдельном рассмотрении.

Среди всех способов транспортировки наиболее востребованным и эффективным является транспортировка природного газа по системе трубопроводов.

В России система трубопровода применяется достаточно широко. Подобного рода коммуникации особенно актуальны для перемещения достаточно большого количества ресурсов по трубопроводным магистралям в самые отдаленные уголки нашей страны. В настоящее время трубопровод является самым высокотехнологичным и максимально безопасным с точки зрения экологичности способ транспортировки жидкого топлива.

Огромным преимуществом трубопроводов по сравнению с другими способами транспортировки заключается в их возможности совершать передачу природного газа с большой скоростью и высокой эффективностью. Современные газопроводные магистрали характеризуются относительно крупным диаметром, а обычная скорость поставки топлива немного превышает 15 м/с. Данное обстоятельство позволяет транспортировать достаточно большой объем в сжатые сроки.

В настоящее время нефтегазовые коммуникации представляют собой целый взаимодействующий комплекс, который позволяет производить доставку нефтегазового сырья в различные точки. Причем, помимо внутренних поставок, абсолютное большинство экспортных поставок газа приходится исключительно на трубопроводы. Однако, чем более протяжена и разветвлена система газопроводов, тем больше трудностей вызывают все процессы, связанные с управлением и контролем системой газо- и нефтепроводов. Поэтому, для упрощения работы с магистральными газопроводами их разбивают на небольшие участки, каждый из которых может иметь собственную, зачастую, автоматизированную систему у правления.

Разработкой методических основ управления и контроля газопроводов разного уровня занимался ряд ученых-исследователей, в том числе, Ю. А. Арбузов, С. А. Белов, И. Г. Воеводин [1], Р.Р. Балтин, А.Н. Краснов, Р.А. Майский [2], Ж.А. Даев, Н.З. Султанов [3], Д.А. Крылов и другие. Однако постоянное изменение внешних условий, внедрение новых технологий,

модернизация производства и другие факторы требуют новых непрерывных разработка в области управления и контроля участками газопроводов.

В современных условиях встает острая необходимость использования и внедрения таких систем управления участками газопровода, которые могут обеспечивать потенциальную возможность сбора основной информации о состоянии системы газопровода, осуществлять контроль ее состоянием, а также выполнять основные функции управления ее работой, прогностические функции, при помощи моделирования рабочего процесса всей системы в интересующих пользователей ситуациях.

Больше всего сложностей возникает в процессе транспорте газа по трубопроводам. Это связано, в первую очередь, с их физико-химическими особенностями, в том числе со значительной зависимостью от температурного воздействия эксплуатации реологических характеристик.

Управление и контроль работы участков газопровода производится на стадии эксплуатации газопроводной системы. В данной работе не будут рассмотрены проблемы, связанные с проектированием газопроводных систем, несмотря на то, что в случае ошибок, допущенных на стадии проектирования, реализация полноценной системы управления и контроля может быть значительно затруднена.

Весь процесс эксплуатации газопровода, вместе с основными функциями приведен на рисунке 1.

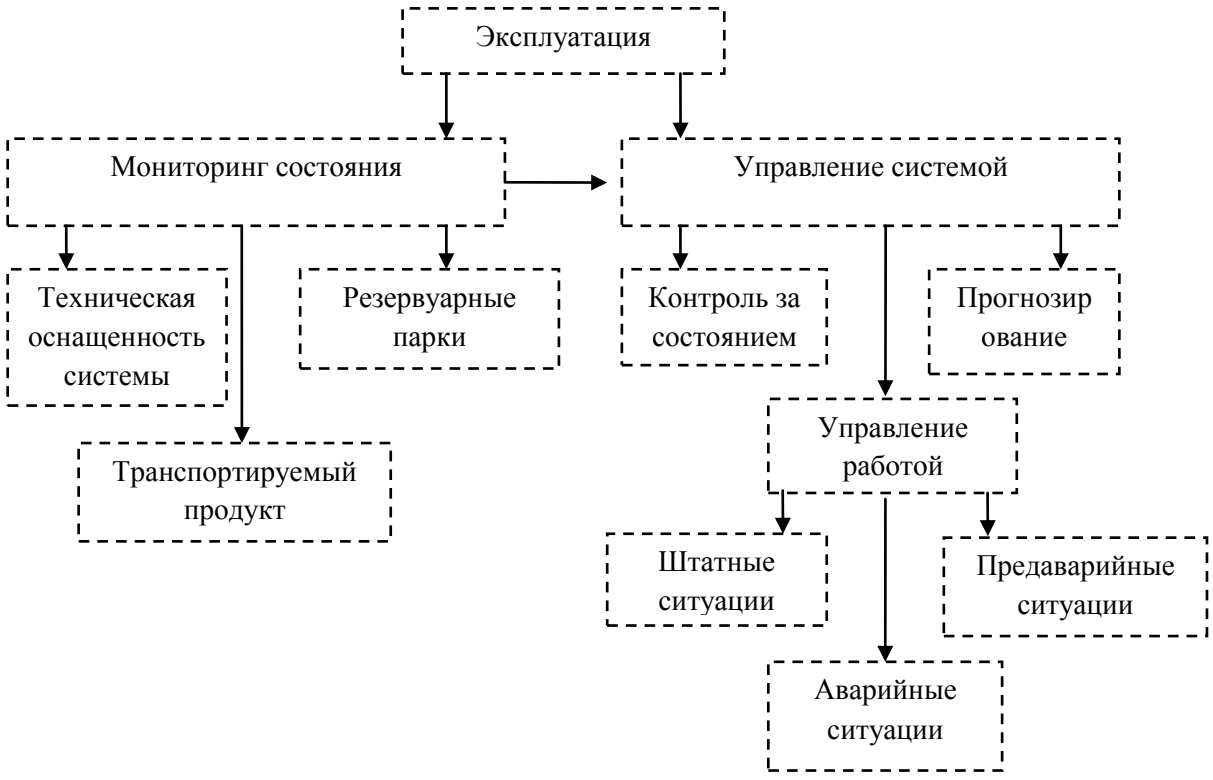


Рисунок 1 – Эксплуатация трубопроводной системы [4]

Процесс эксплуатация газопровода сводится к решению двух основных задач:

– управление работой газопровода;

– мониторинг за состоянием всех систем и узлов, отвечающих за работу газопровода.

Стоит отметить, что процесс управления работой газопровода и мониторинг состояния структур системы находятся в тесной взаимосвязи, поэтому выполнение каждого из данных процессов самостоятельно и независимо невозможно. Без наличия информации об общем состоянии системы на конкретный момент времени, невозможно принять взвешенное решение о ключевых режимах работы газопровода.

Мониторинг состояния газопроводной системы включает в себя следующую информацию:

– информацию о состоянии технической оснащенности системы;

– информацию о состоянии резервуарных парков;

– информацию о состоянии транспортируемого продукта.

Подобная структура мониторинга позволяет пользователю владеть информацией в целом о системе, поскольку предполагается, что все необходимые данные снимаются через определенные интервалы времени; величина таких временных интервалов определяется исключительно производственной необходимостью.

Сам процесс управление работой газопровода сводится к следующим основным функциям:

– контролю за состоянием системы газопровода на основе мониторинга системы;

– собственно процессу управлению газопроводом, которое включает в себя:

– расчет штатных гидравлических и тепловых режимов работы, в случае, когда все основные параметры системы газопровода находятся в пределах допустимых интервалах динамики;

– своевременное обнаружение, анализ и ликвидация предаварийных ситуаций на участках газопровода;

– ликвидацию возникающих аварийных ситуаций;

– краткосрочному или долгосрочному прогнозированию работы газопровода.

Отметим, что современное производство представляет собой достаточно сложные системы, состояние которых может быть определено только огромным набором параметров. И диспетчер не всегда в состоянии обработать весь поток подобной информации. Кроме того, любое производство представляет собой динамическую систему, показатели которой находятся в постоянном изменении. Все это значительной степени усложняет анализ состояния системы. Потому для системы управления и контроля участками газопровода необходимо применять автоматизированные систему управления.

Список литературы

1 Арбузов, Ю.А. Алгоритм расчета технологических параметров закрепления магистральных газопроводов на слабонесущих грунтах / Ю.А. Арбузов, С.А. Белов, И.Г. Воеводин и др. // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1 (21). – С. 36-41.

2 Балтин, Р.Р. Система мониторинга утечек газа через продувочные трубопроводы / Р.Р. Балтин, А.Н. Краснов, Р.А. Майский // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13. – № 2. – С. 62-67.

3 Даев, Ж.А. Модель автоматической системы контроля и прогнозирования загрязнения магистрального газопровода на основе нечёткой логики / Ж.А. Даев, Н.З. Султанов // Автоматизация. Современные технологии. – 2018. – Т. 72. – № 11. – С. 495-498.

4 Крылов, Д.А. Энергоэффективность транспортировки газа по магистральным газопроводам / Д.А. Крылов // Энергия: экономика, техника, экология. – 2015. – № 6. – С. 10-17.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Арефьев Д.П.
Оренбургский государственный университет

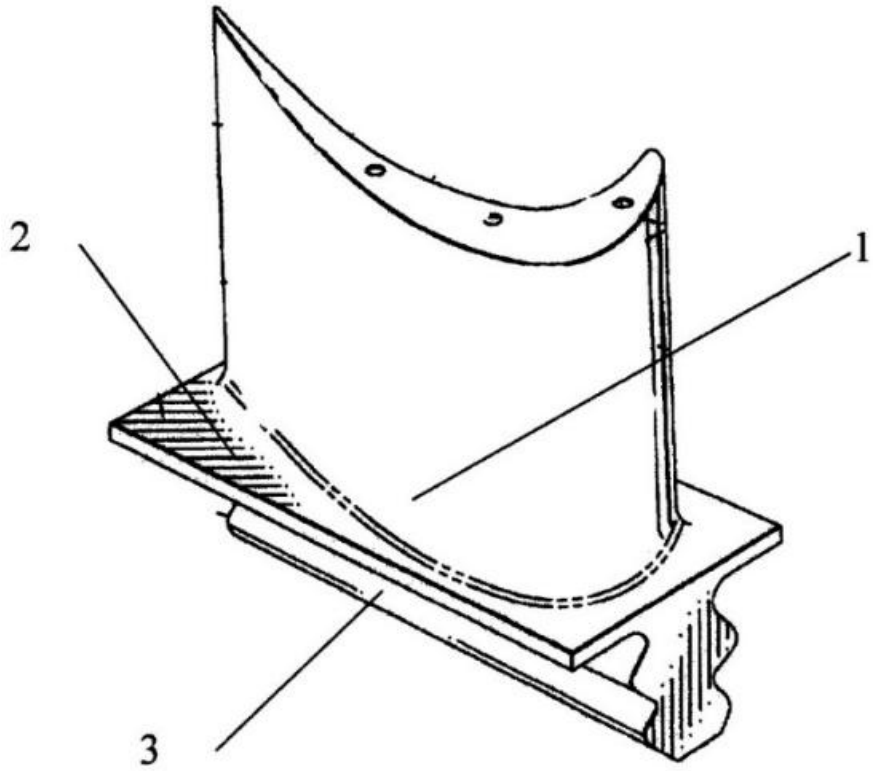
Одним из современных подходов к модернизации технологий машиностроения является функционально-ориентированный анализ. Сущность такого подхода трактуется различно. Так, в исследованиях, проведенных А.Н. Михайловым [1] общая идея состоит в том, что изделие разбивается на функциональные элементы, изучаются особенности эксплуатации каждого элемента в изделии, а затем анализируются технологические воздействия средств обработки на каждый функциональный элемент. Установленные в результате такого анализа связи между функциональными элементами и способами их обработки определяют структуру технологического процесса. Функционально-ориентированная технология изготовления изделия машиностроения основана на точной топологически ориентированной реализации необходимого множества алгоритмов технологического воздействия орудий и средств обработки в необходимые микро, макро зоны и участки изделия, которые функционально соответствуют условиям их эксплуатации в каждой отдельной его зоне. При этом их вид, тип, вариант, количество, качество и алгоритм технологического воздействия целенаправленно определяются, а также топологически, функционально и количественно ориентируются при их реализации в отдельные зоны изделия в зависимости от заданных функциональных особенностей их эксплуатации. Первым этапом разработки такой технологии является анализ традиционного технологического процесса, который позволяет систематизировать имеющийся опыт изготовления данного изделия, и выявить достоинства и недостатки сложившихся подходов.

Лопаткой (рисунок 1) называют деталь турбокомпрессора и/или турбины газотурбинного двигателя (ГТД), предназначенную для перемещения потока газа (воздуха и продуктов его горения).

Основными конструктивными элементами лопатки являются перо лопатки, бандажные полки, замковая часть (рисунок 2).

Рабочими поверхностями лопатки являются поверхности пера. К ним предъявляются высокие требования прочности, температурной стойкости, точности геометрических параметров и шероховатости поверхности. Кроме того, важным параметром является толщина стенки между наружной поверхностью пера лопатки и внутренним контуром охлаждения.

Рисунок 1 – Лопатка турбины ГТД.



1 – перо лопатки; 2 – бондажная полка; 3 – замковая часть.
Рисунок 2 – Основные конструктивные элементы лопатки.

Для лопаток турбин используются жаропрочные сплавы типа ЖС–3ВИ и др. Помимо этого на поверхность пера наносится керамическое термобарьерное покрытие, обладающее низкой теплопроводностью, толщиной до 0,25 мм, которое позволяет лопатке работать при высоких температурах.

Перо лопатки имеет сложную пространственную форму с переменным профилем в поперечных сечениях (рисунок 3, сеч. I-IX). Сечения повернуты относительно друг друга, образуя закрутку пера. Внутри пера находится полость лабиринтной структуры для подвода холодного воздуха из компрессора для охлаждения лопаток. При этом стенки пера имеют малую толщину 1,5…2 мм.

Допускается смещение профиля относительно основных конструкторских поверхностей не более 0,2 мм.

Исходя из вышеперечисленного, можно выделить следующие особенности лопаток турбины:

– высокие требования к качеству материала;

– плохая обрабатываемость материала методами резания (коэффициент обрабатываемости 0,04);

– сложный пространственный профиль пера высокой точности;

– сложная форма профиля замка и высокие требования к качеству поверхностей;

– точность расположения профиля пера относительно замка лопатки $0^{+0,2}$ мм;

– наличие внутренней полости охлаждения лабиринтной структуры при малой толщине стенок лопаток;

– сложная форма бандажных полок лопаток и высокая точность стыковочных элементов.

Все эти особенности определили следующие основные пути получения исходной заготовки:

1. Получение заготовки методом штамповки;

2. Создание исходной заготовки методом монокристаллической отливки по выплавляемым моделям;

3. Создание исходной заготовки без припуска по перу.

Штамповка является более простым методом получения заготовки, однако имеет существенный недостаток: невозможность выполнения внутренних охлаждающих каналов, что является определяющим фактором при производстве лопаток турбин современных ГТД. Поэтому наиболее распространенным методом в настоящее время является литье по выплавляемым моделям.

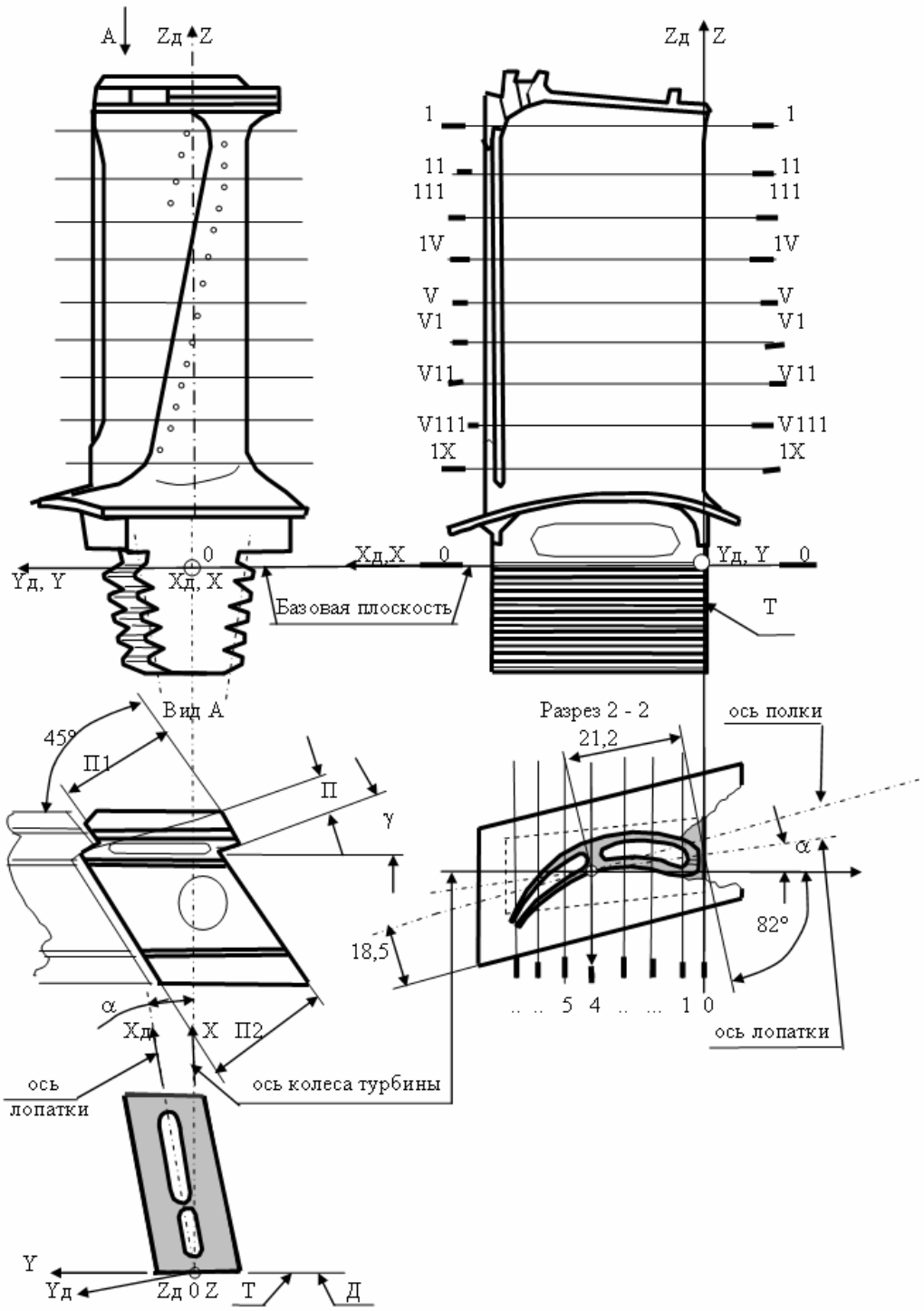


Рисунок 3 – Координатная система ориентирования лопатки первой ступени турбины ГТД.

На рисунке 4 представлена последовательность технологических процессов и операций получения исходной заготовки лопатки: последовательность подготовки основных элементов исходной заготовки, технологических процессов и средств для изготовления литейной формы, подготовки шихты, нагрева и заливки металла в формы, его охлаждения и выполнения других сопутствующих операций.

Рисунок 4 – Граф технологического процесса получения исходной заготовки лопаток первой ступени турбины

На рис.5 представлен граф технологических процессов и операций механической обработки лопаток. Представленная последовательность изготовления исходной заготовки и ее механическая обработка обеспечивают главную задачу – выполнение показателей качества. Часть параметров выполняется в начале процесса и в малой степени зависит от выполнения последующих операций. Так, размеры и точность внутренней поверхности полости охлаждения лопаток обеспечиваются за счет точности стержня и качества выполнения операции отливки. Выполнение других операций комплекса практически не влияет на изменение характеристик данной поверхности.

Рисунок 5 – Граф технологических процессов и операций механической обработки лопаток первой ступени турбины

Важным условием при такой схеме изготовления является сохранение точности пера лопатки, полученной при отливке исходной заготовки, и обеспечение заданного расположения (зависимого параметра качества) этого профиля относительно координатной системы замка.

Для беспripусковых заготовок лопаток параметры расположения профиля пера относительно замка могут быть выполнены двумя путями:

1) базированием заготовок при обработке профиля замка относительно профиля пера;

2) базирование заготовок при обработке профиля замка и профиля пера относительно специальных базовых технологических поверхностей.

В первом и во втором случае параметры точности расположения профиля пера относительно замка достигаются обеспечением качественного изготовления поверхностей заготовок на нескольких операциях технологического процесса.

Таким образом, можно сделать вывод, что при традиционной технологии изготовление лопаток турбин является трудоемким и дорогостоящим, низко автоматизированным процессом, требующим использования специализированного оборудования.

Список литературы

1. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения/А.Н. Михайлов. Донецк. ДонНТУ. 2009.-346 с.

2. Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей [Электронный ресурс] : [учебник] / Ф. И. Демин, Н. Д. Проничев, И. Л. Шитарев; под. общ. ред. проф. Ф. И. Демина. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

3. Резник С.В. Проектирование замкового соединения керамической лопатки и металлического диска газовой турбины: / С.В. Резник, Д.В. Сапронов - Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (Москва), 2014. – 9с. ISSN: 0536-1044

4. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Лопатка_(лопасть)#Лопатки_газотурбинных_двигателей

5. Арефьев Д.П. Лопатки турбин как ответственное изделия машиностроения / Д.П. Арефьев, И.Д. Белоновская. [Электронный ресурс] // http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/5437/2/607-612.pdf

ОРГАНИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОГО ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Ахмедьянова Г.Ф. канд. пед. наук,
Пищухин А.М. д-р техн. наук, профессор
Оренбургский государственный университет

Повышение качества обучения в вузе – главная цель управления образовательным процессом. Однако, качество обучения понятие абстрактное и прямое воздействие с целью изменения его уровня невозможно [1]. Больше того, невозможно провести измерения уровня этого качества. С этой точки зрения исследование управленческих аспектов образовательного процесса всегда актуально.

Качество обучения является, на самом деле результатом проведения образовательного процесса, отображает организационные условия и степень их соответствия требованиям, обеспечивающим высокий уровень. Рассмотрим особенности управления качеством на основе организации образовательного процесса, которую требует классическая структура управления.

Обычная схема управления, представленная схемой на рисунке 1 включает: объект управления – в нашем случае качество обучения, управляемую величину Y - отражающую уровень достигнутого качества, благодаря управляющим воздействиям U и, несмотря на возмущающие воздействия F.

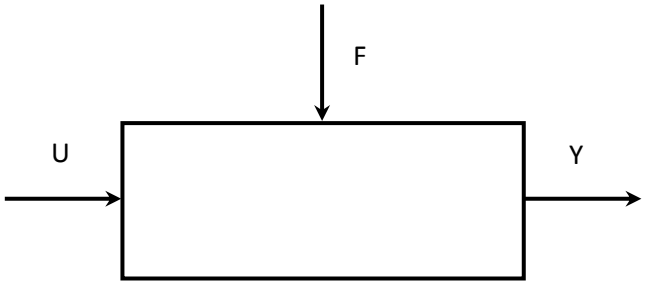


Рисунок 1 – Схема управления качеством

Представление такой классической системы управления происходит с помощью операторов отображения с реального образовательного процесса – рисунок 2, на котором представлено формирование, как объекта управления, так и управляющих и возмущающих воздействий, а так же управляемой величины.

Реальным возможным управленческим воздействием на этот процесс может быть только косвенное, организационное. С другой стороны, образовательный процесс есть системное понятие со своей структурой, функциями, значениями режимных параметров, включающее как организационно-техническая система две составляющих технологическую и социальную [2]. Воздействуя на режимы протекания этих составляющих, имеем

параметрическое управление, изменяя их структуру – заменяя, добавляя, устраняя различные системные элементы проводим структурное, алгоритмическое и даже технологическое управление.

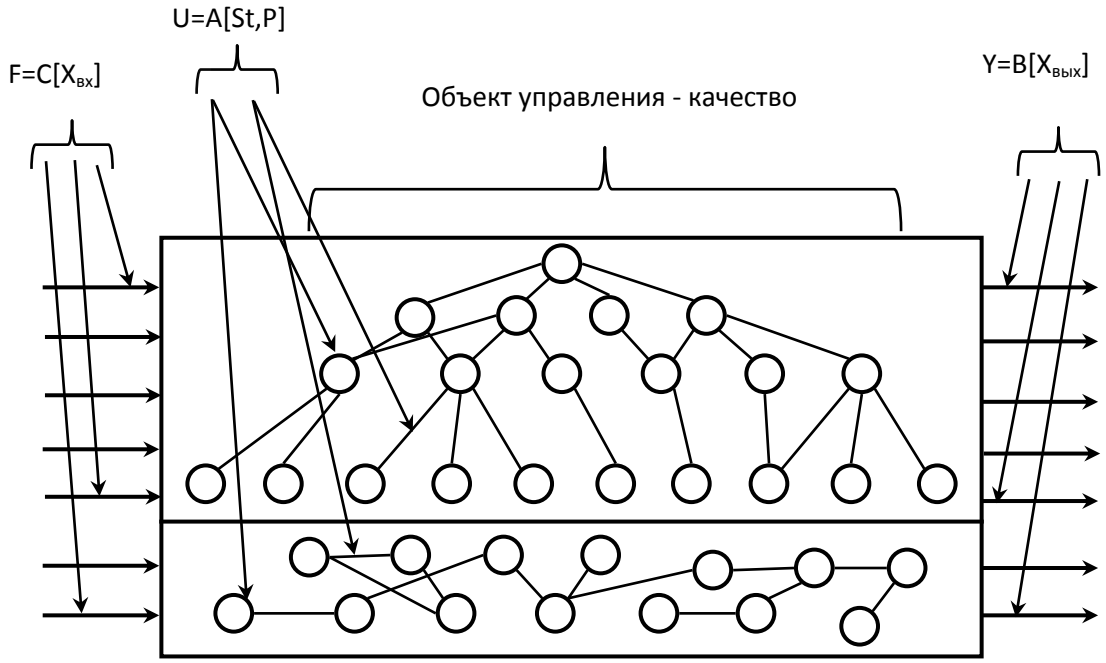


Рисунок 2 – Схема отображения образовательного процесса

В множество режимных элементов для социальной составляющей входит, в первую очередь, временные параметры: длительность занятий, самостоятельной работы, количество пар в день, устанавливаемое расписанием, часы работы вспомогательных служб: электронных читальных залов, библиотеки, буфетов и столовой. Важны даже различные киоски, гардеробы. С другой стороны, масса параметров связанных с интенсивностью: подачи материала, самостоятельной работы, количеством курсовых и расчетно-графических заданий. Сюда добавляются пространственные параметры, связанные с расположением аудиторий и служб. Для технологической составляющей важно количество современных компьютеров, возможность их выхода в локальную сеть и в интернет, пропускная способность серверов вуза и так далее. Современное лабораторное оборудование, уровень его автоматизации и применяемых технологий [3] также позволяет актуализировать передаваемые обучающимся знания.

В множество структурных элементов образовательного процесса входят как люди, так и методическое обеспечение с педагогическими средствами разной силы воздействия [4], различные аудитории, лабораторное оборудование, мебель, самое различное вузовское имущество, включая транспорт, строительный участок и так далее.

Но даже наличие и функциональная работоспособность всех элементов не гарантируют высокое качество обучения, если не будет мотивации студентов к учебе, мотивации преподавателей к качественному обучению, патриотичного настроя всего трудового коллектива вуза, сплоченного этой целью.

Как видим в перечисленных элемента и их состояниях очень легко утонуть, системный подход в этом случае подсказывает находить главное, отбрасывая второстепенное, вкладывая имеющиеся управленческие ресурсы кумулятивно, а не размазывая их по всем влияющим факторам.

Отдельного рассмотрения требует оценка уровня качества. Поскольку носителем этого качества является обучающийся, необходимы различные комплексные процедуры, чтобы выяснить глубину усвоения знаний, широту кругозора и эрудицию, отточенность навыков и умений. Конечно, здесь необходимы классические методы оценки: экзамен, зачет, коллоквиумы, беглые опросы на занятиях, однако они в большей степени проверяют технологическую составляющую передаваемую с помощью педагогических технологий [5]. Творческую составляющую качества подготовки студентов к профессиональной деятельности можно оценить по уровню выполняемых выпускных квалификационных работ, курсовых проектов, расчетно-графических работ, рефератов и эссе [6].

Список литературы

1. Ахмедьянова Г.Ф., Пищухин А.М., Пищухина Т.А. Исследование алгоритмов управления абстрактным объектом//Фундаментальные исследования. -2018. -№ 4. -С. 34-38.

2. Ахмедьянова Г.Ф. Организация системных взаимосвязей в образовательном процессе//Современные наукоемкие технологии. -2016. -№ 2-2. -С. 284-288.

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

4. Пищухин, А.М., Методика оценки эффективности педагогических средств./Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф./Всероссийская н/п конференция «Модернизация педагогического образования в контексте глобальной образовательной повестки». Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. -2015. -С.105 -108.

5. Селевко, Г.К. Современные образовательные технологии /Г.К. Селевко.- М.: Народное образование, 1998. – 256 с.

6. Ахмедьянова Г.Ф Творческий потенциал инженера: развитие проектным методом обучения /Ахмедьянова Г.Ф., Пищухин А.М. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. - 2018. - С. 602-606.

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Ахмедьянова Г.Ф. канд. пед. наук,
Пищухин А.М. д-р техн. наук, профессор,
Пищухина Т.А. канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

Инженерное образование не сводится только к усвоению определенной суммы знаний и умений. Специалист лишь тогда становится инженером, когда он может создавать новую технику [1], а не оставаться только инженером пользователем современной техники. С другой стороны, стране, не желающей отставать в технологическом отношении, нужны именно инженеры – творцы. Именно таких инженеров призвано готовить российское высшее образование.

Для этого в руках преподавателя должны быть инструменты привлечения и развития творческих компетенций обучающихся. Исследуем соответствующие инструменты подробнее на примере компетенций направления 27.03.03 – Системный анализ и управление.

Творчество является таким же полноправным аспектом инженерной деятельности, как и технология. Однако в отличие от обычного развития технологии от творчества [2], образовательный процесс должен начинаться с технологических аспектов, связанных с первоначальным усвоением и накоплением знаний, без которых творчество невозможно.

Творчество является естественной противоположностью технологии. По закону единства и борьбы противоположностей технология и творчество неотделимы друг от друга. Единство их в том, что они является способами получения результата. С другой стороны, сам процесс получения результата в этих двух случаях резко отличается. Если технология это результат гарантированного качества и количества произведенной продукции, при условии выполнения технологических режимов и условий, то при творческом подходе результат рождается на вдохновении, на озарении, разово, неповторимо.

Важный аспект творчества – красота. Широко известно выражение А.Н. Туполева: «хорошо летают только красивые самолеты!». Красота ассоциируется с симметрией правильными пропорциями, «золотым сечением» и так далее. Это понятно, когда главная задача технического объекта противостоять воздействиям равномерно хаотичной среды, то есть равновероятным воздействиям с любого направления. Эта обычная задача для решения которой создается технический объект и при этих воздействиях оно должен проявлять определенные свойства: прочности, сбалансированности, гомеостаза, адекватности реакций, устойчивости, надежности и так далее. Однако, когда такой равновероятности воздействий нет, необходима асимметрия. Например, у объекта, движущегося в воздушной или в водной

среде, фронтальная и тыльная части, естественно, должны быть различны. С другой стороны, осевая симметрия остается.

Таким образом, красота инженерии, как вида деятельности, является первым инструментом привлечения обучающихся к инженерному творчеству. В начале творческой работы, как и в ее продолжении, обучающемуся необходимо понимать: каких знаний ему не хватает, и приобретать эти знания [3]. При этом развивается общекультурная компетенция: способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-5). Понятно, что самообразование, а для его ускорения необходимо участие преподавателя, должно приводить к развитию следующей уже общепрофессиональной компетенции: готовности применять методы естественных и технических наук, равно как методов гуманитарных, экономических и социальных наук в дальнейшей творческой деятельности (ОПК-1). Эти методы должны обеспечивать обучающемуся способность принимать научно-обоснованные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности, то есть развивать профессиональную компетенцию (ПК-1).

При решении новой задачи, а так же для выхода из различных тупиков творческого процесса важную помощь призван оказывать метод аналогий. В этом смысле говорят, что любая наука начинается с классификации. Ведь понять к какому классу относится проблема - означает найти аналог для нее, ведь с каждым классом связываются свои методы и прецеденты решения этих проблем. Тем самым творческая задача будет сведена в большой степени к технологическим, то есть отработанным методам [4], но творчество будет присутствовать здесь в отношении применения этих методов, так как обучающийся скорее всего раньше его не применял.

Третьим инструментом обучающегося, который должен всячески развивать преподаватель является образное мышление и пространственное воображение, позволяющее еще до реального создания технического объекта прогнозировать его работоспособность, находить узкие места и проблемы. Говорят, мастером по постановке и проведению мысленных экспериментов был Альберт Эйнштейн. В творческом мышлении проявляется творческий потенциал обучающегося и как одном из видов мышления, характеризующимся созданием субъективно или объективно нового продукта и новообразованиями в самой познавательной деятельности по его созданию (интенсивность мотивации и новизна целей, оригинальность методов и приемов достижения этих целей и др.). Творческое мышление наиболее востребовано при решении интеллектуальных задач. Развитие этого инструмента тесно связано с развитием компетенции: способность разрабатывать методы моделирования, анализа и технологии синтеза процессов и систем в области техники, технологии и организационных систем (ПК-5).

Обучающийся должен буквально «заболеть» поставленной проблемой, думать о ее решении каждый день, преподаватель должен всячески помогать ему в этом. В таком случае подключается подкорковое мышление, и

количественные усилия неизбежно переходят в качественные изменения – находится решение поставленной проблемы.

Наконец, большую роль может сыграть привлечение коллективного разума, для чего преподаватель должен организовать занятие таким образом, чтобы в проблему погрузилась учебная группа. Даже изложение проблемы может натолкнуть обучающегося на метод решения своей задачи, не говоря уже о предложениях одногрупников.

Таким образом, преподаватель, используя, по крайней мере, пять перечисленных инструментов, должен построить образовательный маршрут своей дисциплины в соответствии с максимальным развитием указанных компетенций и тогда возможно достижение интегрального результата [5], фигурирующего в следующей компетенции: способность разрабатывать проекты компонентов сложных систем управления, применять для разработки современные инструментальные средства и технологии программирования на основе профессиональной подготовки (ПК-7).

Список литературы

1. Пищухин, А.М. Развитие творческого потенциала студентов на примере использования спутниковых технологий/А.М. Пищухин, И.Д. Белоновская, Г.Ф. Ахмедьянова//Фундаментальные исследования. 2012. №11-1. С. 90-94.

2. Ахмедьянова Г.Ф. Инженерное образование: проектирование образовательного маршрута по принципу от творчества к технологии/Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин//Современные проблемы науки и образования. -2017. -№ 2.

3. Ахмедьянова, Г.Ф. Повышение компетентности будущего специалиста на основе сочетания творческой и технологической составляющих обучения/Г.Ф. Ахмедьянова//Образование и саморазвитие. -2009. -Т. 4. -№ 14. -С. 65-70.

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

5. Ахмедьянова Г.Ф. Проектирование образовательного маршрута в пространстве компетенций./Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин//Вестник Оренбургского государственного университета. -2015. -№ 3 (178). -С. 21-24.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ В КОНСТРУКТОРСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор,
Носикова Т.В., Целовальников И.М.
Оренбургский государственный университет

При проведении сертификации, экспертизе, определяющих договорно-правовые отношения по специализации и кооперированию производства, используются свойства и показатели качества продукции, которые регламентируются в стандартах и технических условиях. Технологичность изделия является одним из важнейших показателей качества, которое существенно влияет на его стоимость. В данной статье проведен анализ требований, предъявляемых к технологичности валов как изделий машиностроения на стадии конструирования.

В первую очередь уточним основные понятия в сфере оценки качества изделий машиностроения. В оценке качества продукции различают понятия свойств и показателей качества. Качественную или количественную характеристику любых свойств или состояний продукции называют признаком продукции. При изменении свойств изделий изменяются показатели качества. Показатель качества, являясь внешним выражением свойства в конкретных условиях, позволяет судить о наличии самого свойства. Свойство продукции проявляется при ее создании, эксплуатации и потреблении. Качество детали, выражающееся в ее способности удовлетворять определенные потребности, характеризуется рядом ее свойств. Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, представляет собой технологичность конструкции изделия [1].

Технологичность конструкций изделий (ТКИ) - совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ [2].

Отработка конструкции на технологичность в современных производственных условиях основана на использование ее систем геометрического моделированиям [3], что позволяет в известных исследованиях количественной (работы Кушнаренко С.Г., Кононенко В.Г., Прялина М.А., Кульчева В.М. и др.) и качественной оценки (работы Шкаберина В.А., Аверченкова В.И.) автоматизировать процедуру оценки.

Методы определения значений показателей качества подразделяются на две группы: по способам получения информации - измерительный, регистрационный, расчетный; по источникам получения информации - традиционный, экспертный.

Измерительный метод основан на информации, получаемой с помощью технических измерительных средств. Регистрационный метод основан на использовании информации, получаемой путем подсчета числа определенных событий, предметов или затрат. Расчетный метод основан на использовании информации, получаемой с помощью теоретических или эмпирических зависимостей. Традиционный метод используют при определении значений показателей качества изделий должностными лицами специализированных экспериментальных и расчетных подразделений предприятий.Экспертный метод используют для нахождения значений таких показателей качества, которые в настоящее время не могут быть определены другими, более объективными методами. Определение значений показателей качества продукции экспертным методом осуществляется группой специалистов-экспертов.

Оценка качества продукции может быть разбита на три этапа: подготовительный, оценочный и заключительный.

Этап оценки качества включает: выбор метода оценки уровня качества изделия; проведение технических операций для оценки показателей качества с помощью выбранного метода; определение и анализ результатов оценки уровня качества.

На заключительном этапе обосновываются рекомендации и принимаются решения по результатам оценки уровня качества продукции.

Алгоритм оценки является общим и подходит для оценки качества на всех этапах жизненного цикла продукции.

Алгоритм качественной оценки изделия можно условно разбить на 2 этапа: анализ геометрических характеристик конструктивных элементов, входящих в структуру изделия; анализ возможностей имеющего производственного базиса предприятия для изготовления отдельных КЭ и изделия в целом.

В оценку входит анализ риска как вероятности неблагоприятного исхода [2]. Количественной оценкой риска служит мера риска с, включающая в себя вероятность наступления нежелательного события р и ущерб от наступления такого события W:

$$C= (W \bullet p) \qquad (1)$$

Величина ущерба W - это прежде всего потеря временных и финансовых ресурсов. Для оценки риска разработки пригодна функция вида

$$C= W \bullet p \qquad (2)$$

Из всех показателей технологичности наиболее важными являются: возможность проведения сборки и контроля изделия и его основных составных частей независимо и параллельно; удобство и доступность мест сборки; возможность исключения или доведения до минимума механической обработки

при сборке; возможность обеспечения необходимой взаимозаменяемости сборочных единиц и деталей; выбор элементов конструкции сборочных единиц (основных составных частей) с точки зрения их технологичности; оптимальность номенклатуры контролируемых параметров, а также методов и средств их контроля; возможность применения стандартизованных методов выполнения и контроля; согласованность конструкторских и технологических баз; технологичность сборки как изделия в целом, так и его составных частей (в том числе сварных конструкций); технологичность механически обрабатываемых, горячештампуемых, литых, холодноштампуемых и термических конструкций; возможность разделения сборочной единицы на составные части, сборку которых целесообразно производить; технологичность деталей; удобство сборки и разборки; возможность уменьшения количества и объема пригоночных операций.

Оценка технологичности является конструкции является, таким образом, сложным аналитическим процессом, который может быть реализован достаточно грамотным конструктором. Кроме того, количественная оценка технологичности выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности. Согласно ГОСТ14.202-73 номенклатура показателей технологичности изделия содержит 4 основных 31 дополнительный показатели. Применительно к производству количественную оценку технологичности производят по суммарной трудоёмкости Тш. к и технологической себестоимости Ст, а также по техническим показателям, определение которых возможно из чертежа детали. Для этого на эскизе детали следует обозначить по часовой стрелке арабскими цифрами каждую поверхность, данные по которым затем анализируются (рис.1).

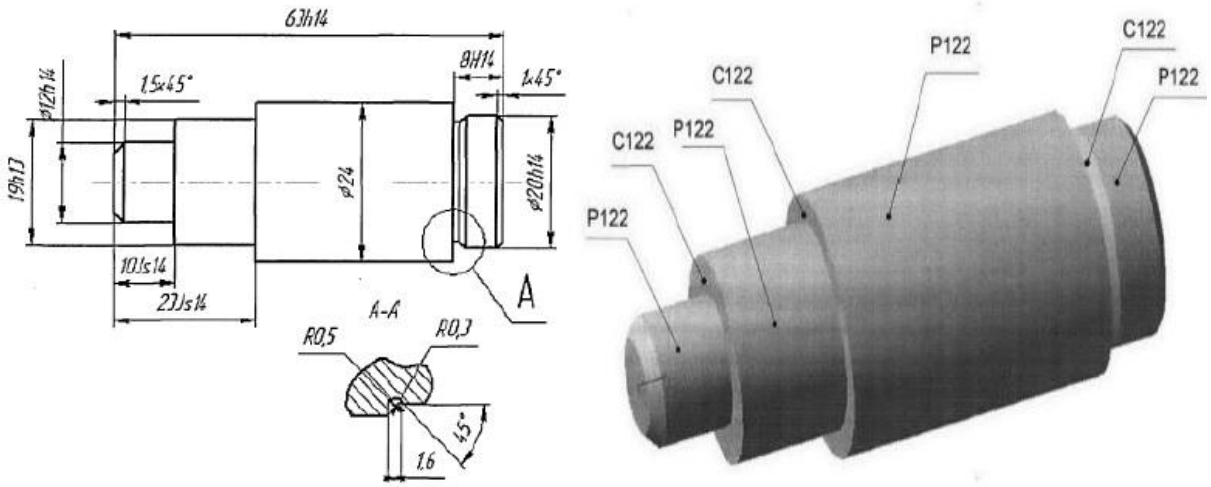


Рисунок 1. Пример детали тапа «Вал»

Использование САПР в машиностроении подразумевает автоматизацию также оценки и отработки технологичности конструкции изделия.

Для разработки интеллектуальной подсистемы, предназначенной для автоматизированной оценки технологичности, могут быть использованы следующие базовые элементы технологии машиностроения: типовые технологии; модульное построение техпроцессов (модуль поверхности детали); методы выбора технологических баз; методы расчета размерных цепей. В то же время в работах А.С. Говоркова и Ю.В. Французовой ставится и решается задача выбора конструктивных элементов, обеспечивающих достаточный уровень технологичности конструкции (рисунок 2).

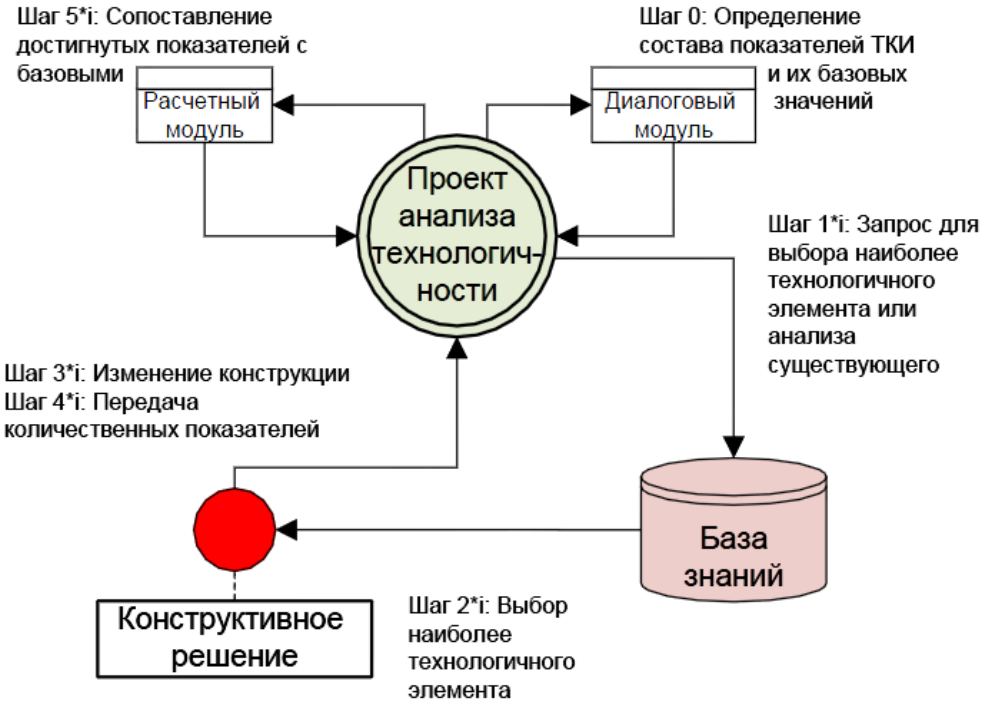


Рисунок 2. Схема объектов анализа технологичности конструкции изделия по [3]

С этой целью разрабатывается информационная модель строится на основе данных электронной модели изделия (рис. 2) с помощью программных средств CAD-системы и связанной с ней системой управления данными об интегрированных параметрах производственной среды. Выбор и анализ состава конструктивных элементов осуществляется по формальным критериям, заложенным в информационной модели. Это позволяет автоматизировать процесс подготовки модели, что способствует повышению объективности принятия решений, качества и производительности подготовки модели.

В таком построении информационной модели необходимо учитывать, что для того чтобы деталь могла выполнять функции базовой детали для других деталей, она должна содержать базирующие поверхности, по которым они монтируются на ней. Таким образом, в отработке на технологичность учитывается дифференциация поверхностей по функциональному назначению, в частности конструкторские базы делятся на основные и вспомогательные.

Основной называют конструкторскую базу, принадлежащую детали или сборочной единице и используемую для определения их положения в изделии. Вспомогательной называют конструкторскую базу, принадлежащую детали или сборочной единице и используемую для определения положения присоединяемой к ним детали или сборочной единицы. Следует заметить, что любая деталь может иметь только один комплект основных баз, а комплектов вспомогательных баз столько, сколько деталей или сборочных единиц к ней присоединяется. В частности, при решении задач, связанных с выбором и анализом состава конструктивных элементов, эти конструктивные элементы располагаются на поверхностях детали, с привязкой к базовым плоскостям изделия, теоретическому контуру (для бортов и поясов), точкам приложения технологических нагрузок.

Анализ деталей различных изделий показывает, что, независимо от того, в какие изделия входит деталь, она предназначена или непосредственно участвовать в рабочем процессе, осуществляемом изделием, и (или) выполнять функцию базовой детали для монтажа на ней других деталей. Таким образом, признак служебного назначения позволяет классифицировать все детали (независимо от их конструктивного и геометрического оформления, материала, массы) на: базовые; участвующие в рабочем процессе; выполняющие роль базовых и одновременно участвующих в рабочем процессе.

Координаты конструктивных элементов определяются из электронной модели изделия, построенного в CAD-системе. При необходимости, в ходе решения поставленной задачи состав конструктивных элементов может изменяться, при этом новые координаты конструктивных элементов берутся на основе данных электронной модели изделия.

Список литературы

1. Казанцев М. С., Васильев Н. С. Оценка трудоемкости разработки управляющих программ в современных CAM-системах // Перспективы науки. 2014. № 12.С.91—94.

2. Французова, Ю.В. Комплексная оценка технологичности деталей типа «Тела вращения» / Ю.В.Французова // Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. Вып. 9. С. 266-271

3. Глубокий, С. В. Организация и нормирование труда в современном производственном менеджменте / С.В. Глубокий, И.В. Борисевич. - М.: Издательство Гревцова, 2015 . - 208 с.

4. Говорков, А. С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям : автореф. дис. ... кандидата технических наук : 05.02.08 / А.С. Говорков; [Место защиты: Иркут. гос. техн. ун-т].- Иркутск, 2012.- 19 с.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКОВ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ БОЛЬШИХ ДЛИН КЛАССА АБСОЛЮТ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор,
Целовальников И.М., Носикова Т.В.
Оренбургский государственный университет

Металлообрабатывающие станки для производства крупногабаритных деталей в авиационной и космической промышленности, в энергетическом машиностроении имеют минимум одну регулируемую линейную длинную управляемую ось. Оси длиной в несколько метров не являются редкостью для таких станков. Для определения линейных перемещений на станках с ЧПУ используются инкрементальные или абсолютные датчики. В статье представлен сопоставительный анализ новых разработок компании Heidenhain в области датчиков таких типов.

Основным достоинством инкрементальных и абсолютных датчиков является возможность применения их на осях с высокой динамикой. В то же время существуют особенности их использования на станках с ЧПУ, которые определяются, главным образом, принципом их настройки.

Основным недостатком работы инкрементальных датчиков является необходимость указания точки отсчета. В данном случае используется так называемый инкрементальный метод измерения с помощью шкалы, которая представляет собой последовательность штрихов с одинаковым периодом. Данные о положении определяются подсчётом отдельных «инкрементов» (штрихов) от свободно установленной нулевой точки, в качестве которой на шкале или ленте используется дополнительная дорожка, которая содержит референтную метку. Абсолютная позиция на шкале определяется референтной меткой и распознается точно в одном периоде сигнала. Для восстановления или установки вновь абсолютной привязки необходимо пересечь референтную метку. Инкрементальный датчик положения сообщает о пошаговом изменении положения. Перед началом работы (после включения питания) для датчика необходимо выставить ноль – вывести рабочий орган машины в опорную (реперную) точку, в ней обнулить счётчик импульсов, то есть указать точку отсчета, что и является основным недостатком работы инкрементальных датчиков. В то же время диапазон длин измерений этих датчиков значителен. Так, фирма Heidenhain предлагает закрытые и открытые датчики линейных перемещений с измеряемой длиной до 30 м [1].

Указанного недостатка лишены датчики класса абсолют, выдающие абсолютное значение положения сразу после включения, они не требуют обнуления осей. До недавнего времени их использование ограничивалось небольшой измеряемой длиной.

В статье представлен результат разработки компании HEIDENHAIN: LC 200 - это новый модельный ряд датчиков линейных перемещений с длиной перемещений до 28 м класса абсолют для станков, что снимает прежние

ограничения (ранее для больших длин был только инкрементальный линейный датчик). Несмотря на впечатляющую длину измерения, значение положения генерируется всего по двум дорожкам с высоким разрешением [1].

Абсолютный датчик LC 200 закрепляют на станине, шкала натягивается внутри составного корпуса. Абсолютный сборный датчик комплектуется в зависимости от конкретной длины такими деталями как шкала, подложка и уплотнение. В состав датчика входят одна или несколько считывающих головок и набор требуемых длин для элементов корпуса. Шкалой в этом датчике служит стальная лента с рисками, считывание с которой производится с помощью отраженного света. Несмотря на большую длину измерения (до 28 м) значение позиции генерируется всего по двум дорожкам: абсолютная дорожка с последовательным кодом является однозначной по всей длине; инкрементальная дорожка с периодом делений 40 мкм интерполируется и обрабатывается интегрированным Opto-ASIC для получения абсолютного значения с высоким разрешением (до 0,01 мкм). Метод позволяет нанести на стальную ленту однородные штрихи с очень четкими краями. В сочетании с абсолютным считыванием с одним полем сканирования с помощью интегрированного Opto-ASIC достигается высокое качество сигнала с очень маленькой погрешностью интерполяции при повышенной устойчивости к загрязнениям.

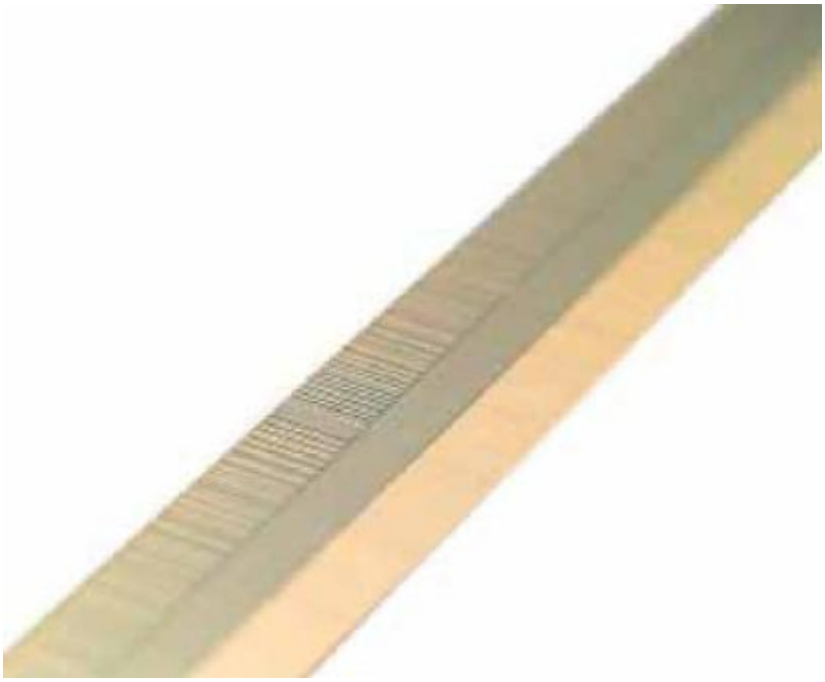


Рисунок 1. Шкала с двумя дорожками - абсолютной и инкрементальной

Другое преимущество стальной ленты связано с термическими свойствами. Стальная лента при монтаже натягивается и закрепляется на обоих концах через концевые элементы корпуса на станине. Благодаря этому шкала следует всем термическим деформациям станины и шкале передается коэффициент термического расширения станины. Многие станкопроизводители

следуют тенденциям по повышению рабочих характеристик и достижению более высокой динамики на осях станка, устанавливая на эти оси линейные двигатели. При использовании линейных двигателей к датчикам линейных перемещений предъявляются более высокие требования по качеству сигнала и по динамике. Важным качеством при этом является жесткость системы в направлении измерения. При разработке удалось уделить особое внимание улучшению жесткости системы в направлении измерения, чтобы этот датчик можно было применять также с линейными двигателями. Благодаря компактной конструкции считывающей головки жесткость в направлении измерения увеличилась на 50% при одновременном увеличении резонансной частоты более чем на 45% по сравнению с инкрементальным датчиком.

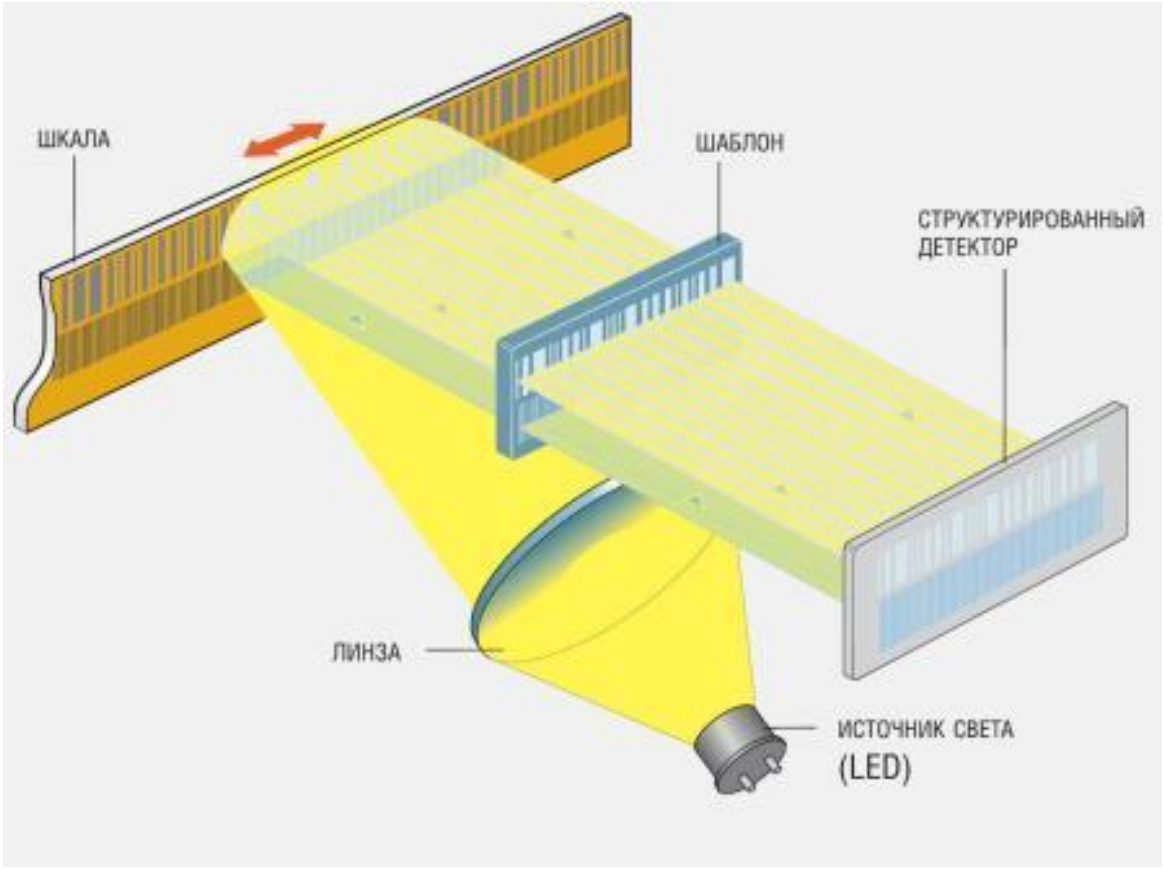


Рисунок 2. Оптический метод считывания

Особенно важно для составных датчиков - уменьшение погрешности в местах стыковки сегментов корпуса. При монтаже датчика элементы корпуса монтируются на станине, а затем шкала протягивается через многосекционный корпус. Чтобы избежать ошибок измерения позиции в местах стыковки корпуса, считывание со шкалы выполняется всегда в нейтральной фазе. Поэтому точность системы остается стабильной даже при смещении размеров (например, перекос корпуса) к границам допуска на монтаж корпуса. Учитывалась не только совместимость по монтажу при одновременном упрощении монтажа, но и легкость прокладки шкалы в местах стыковки элементов корпуса. Новые элементы профиля корпуса имеют на одном конце

уплотнение, проходящее по всему периметру. Таким образом профили очень просто соединяются друг с другом и благодаря предустановленному уплотнению полностью герметизированы [2].

Датчик линейных перемещений подходит для использования в качестве датчика обратной связи на осях большой длины в системах с повышенными требованиями к безопасности. Целью является возможность применения в безопасных системах управления в качестве системы одного датчика, отвечающих категориям SIL-2 (согласно EN 61 508) или Performance Level «d» (согласно EN ISO 13 849). Основой для безопасной передачи значения позиции являются два генерируемых независимо друг от друга абсолютных значения, а также биты ошибок, передаваемые системе ЧПУ. Это достигается с помощью последовательного интерфейса EnDat 2.2. Кроме этого последовательная передача данных с помощью двунаправленного интерфейса EnDat 2.2 имеет другие преимущества, такие как высокая надежность, повышенная точность, возможность диагностики, низкие затраты благодаря простому подключению и многое другое. LC 200 будет также доступен и с интерфейсом EnDat 2.2 с дополнительными инкрементальными сигналами [3].

Рисунок 3. Новый профиль составного корпуса с упрощенным монтажом

Датчик закрывает пробел в абсолютных закрытых линейных датчиках большой длины (до 28 м). Технология считывания с одним полем сканирования, позволила повысить точность и надежность датчика. Новая конструкция корпуса сделала монтаж многосекционного датчика простым и быстрым.

Таким образом, при сохраненных преимуществах инкрементального датчика появился новый значительно улучшенный абсолютный датчик линейных перемещений, который благодаря инновационной технологии открывает новые горизонты как для существующих, так и для перспективных задач станкостроения.

Список литературы

1. Официальный сайт «ИВТЕХСЕРВИС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pragati.ru/img/wysiwyg/UASI_PRAGATI.pdf/. (Дата обращения: 10.01.2019).

2. Официальный сайт «СТАНКИМ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.stankim.com/catalog/oborudovanie. (Дата обращения: 10.01.2019).

3. Измерение точности позиционирования рабочих органов станков с ЧПУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.tops100.ru/agreg/avtomaticheskaya-smenainstrumenta/. (Дата обращения: 10.01.2019).

4. Чабина О.А. Повышение производительности многооперационных станков за счет выбора рациональной системы автоматической системы позиционирования/ О.А. Чабина, И.В. Киселева // Студенческий научно-технический журнал "Инженер", Донецк-Дон НТУ. 1(21)-2(22), 2018, с.185-188.

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Овинов А.Д.
Оренбургский государственный университет

Современные станки типа «Обрабатывающий центр» оснащены автоматическими устройствами смены инструмента, которые обеспечивают значительное сокращение общего цикла обработки изделия. Устройства автоматической смены инструмента (АСИ) являются одним из существенных узлов, определяющих технологические возможности станка с ЧПУ и служат для автоматической смены инструмента при обработке детали в соответствии с технологическим процессом. Использование устройств АСИ является одним из основных средств сокращения времени простоев станков с ЧПУ. Выбор

Конструктивное оформление инструментальных магазинов определяется функциями станка и видом конечного изделия. Разработаны классификации способов автоматической смены инструмента (рисунок 1) [6].

Рисунок 1. Классификация способов автоматической смены инструментов

В настоящее время в обрабатывающих центрах, как правило, используются такие конструкции инструментальных магазинов как дисковый, цепной, барабанный. На сайтах предприятий-изготовителей [1] предлагаются конструкции вертикального и горизонтального исполнения, зонтичного и карусельного типа и др.

Особенности устройств АСИ оказывают существенное влияние на конструкцию инструмента, поскольку автоматизированная система обеспечивает захват, фиксацию инструмента, его укладку в магазин, установку в рабочие органы станка.

Классификация способов и устройств АСИ определяется типом станка, расположением шпинделя, количеством применяемого инструмента, временем смены инструмента.

В состав АСИ входят: накопители инструментов (многопозиционные резцедержатели, автооператоры, револьверные головки, инструментальные магазины); манипуляторы с захватными устройствами смены инструмента в шпинделе станка; транспортирующие устройства; устройства зажима.Их основная задача выполнить замену инструмента в максимально короткие сроки, обеспечив точное позиционирование, сохранив вылет и расположение оси фрезы или сверла.

К АСИ предъявляют ряд требований[6]: достаточная вместимость по количеству инструментов; точность позиционирования инструмента в рабочем органе станка; легкость и удобство загрузки магазинов; удобный доступ к магазину; минимальное время, затрачиваемое на смену инструмента; высокая надежность; наименьшее число координат при смене инструмента.

Вместимость инструментальных магазинов составляет в среднем от 6 до160 шт. В то же время используются и более вместительные магазины. Опыт разработки и эксплуатации АСИ показал, что наименьшую вместимость имеют револьверные головки, в то время как барабанные и цепные магазины имеют наибольшую вместимость.

Конструктивные исполнения АСИ зависят от типов станков, размеров рабочей зоны, расположения шпинделя, потребного числа и типа инструментов.

Инструментальные магазины с манипулятором подразделяются на дисковые, барабанные, цепные [4].

Система инструментального магазина может быть охарактеризована по рисунку 2 [3]. Работа магазина начинается по сигналу системы ЧПУ к смене инструмента. В этом случае сервопривод 1 включается, через поперечную муфту 2 его движение передается на червячный редуктор 4, затем червячное колесо 3 передает движение на диск 14, который имеет 16 гнезд (поз.13) и поворачивается, чтобы завершить выбор инструмента. В конце гнезда есть ролик 11 для возврата в позицию после замены инструмента. Нижний воздушный насос 5 посредством сжатого воздуха воздействует на поршневой шток 6, приводит в действие вилку 7, которая поднимается, выключая переключателя 9, чтобы отключить цепь для предотвращения работы инструментального магазина при неисправности шпинделя.

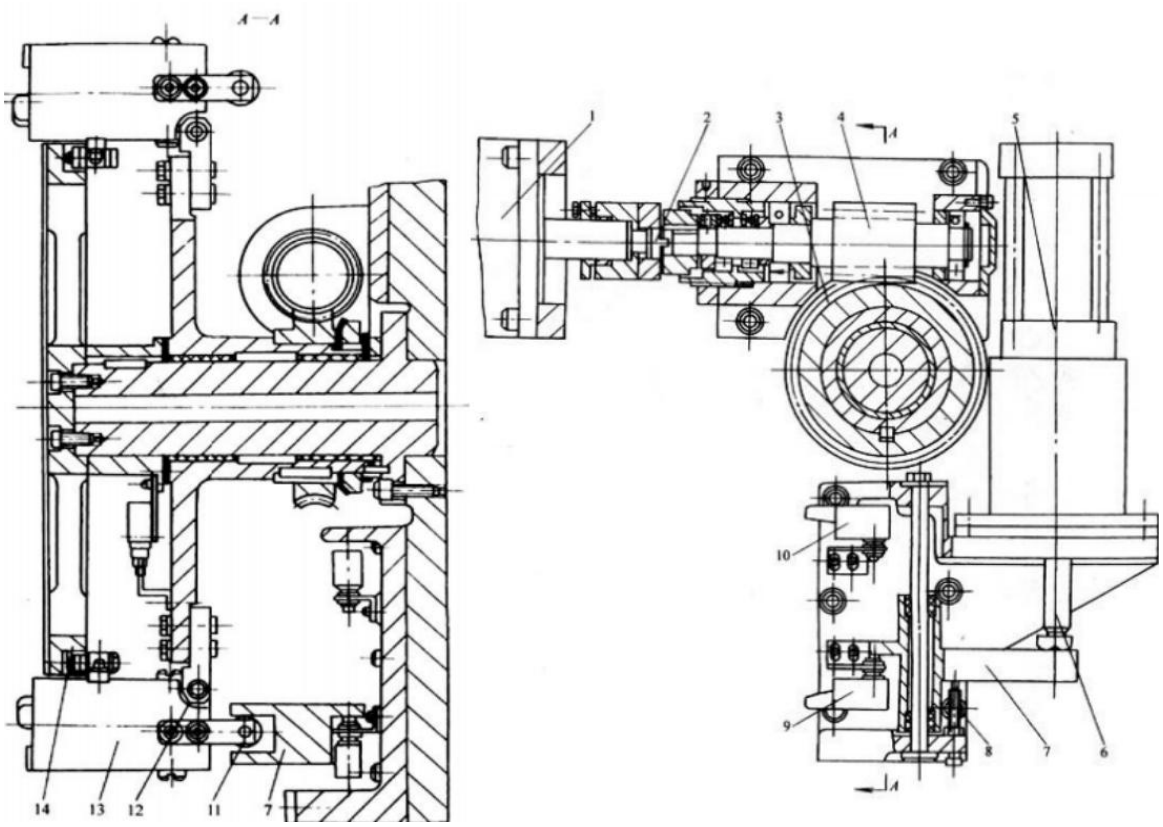


Рисунок 2. Схема конструкции дискового инструментального магазина

В одном из вариантов конструкции инструментального магазина барабанного типа гнёзда для инструмента расположены на центральном диске, который приводится в движение приводом вращения магазина, который состоит из механизма типа «Мальтийский крест», асинхронного двигателя и редуктора. Привод магазина также может оснащаться серводвигателем. В положение смены инструмента гнездо поворачивается пневматическим цилиндром. Для определения положения инструментального гнезда («вверху» или «внизу») на пневматическом цилиндре расположены бесконтактныедатчики. Все элементы для настройки и технического обслуживания магазина легко доступны с передней части. Удалив переднюю крышку, можно отрегулировать ход цилиндра и выставить бесконтактные датчики [1].

В исследованиях последних лет предлагается конструкция «универсального» инструментального магазина (рисунок 3) [1].

В связи с разнообразием конструкций устройств АСИ возникает вопрос об их сопоставлении по различным критериям. Чаще всего критерием выступает емкость магазина. Наибольшую емкость имеют станки цепного типа, но при большом количестве инструментов такие магазины располагают на отдельных стойках, что требует дополнительного времени для установки инструмента в рабочую позицию, растут и габариты станков. Таким образом, данный критерий не является единственным.

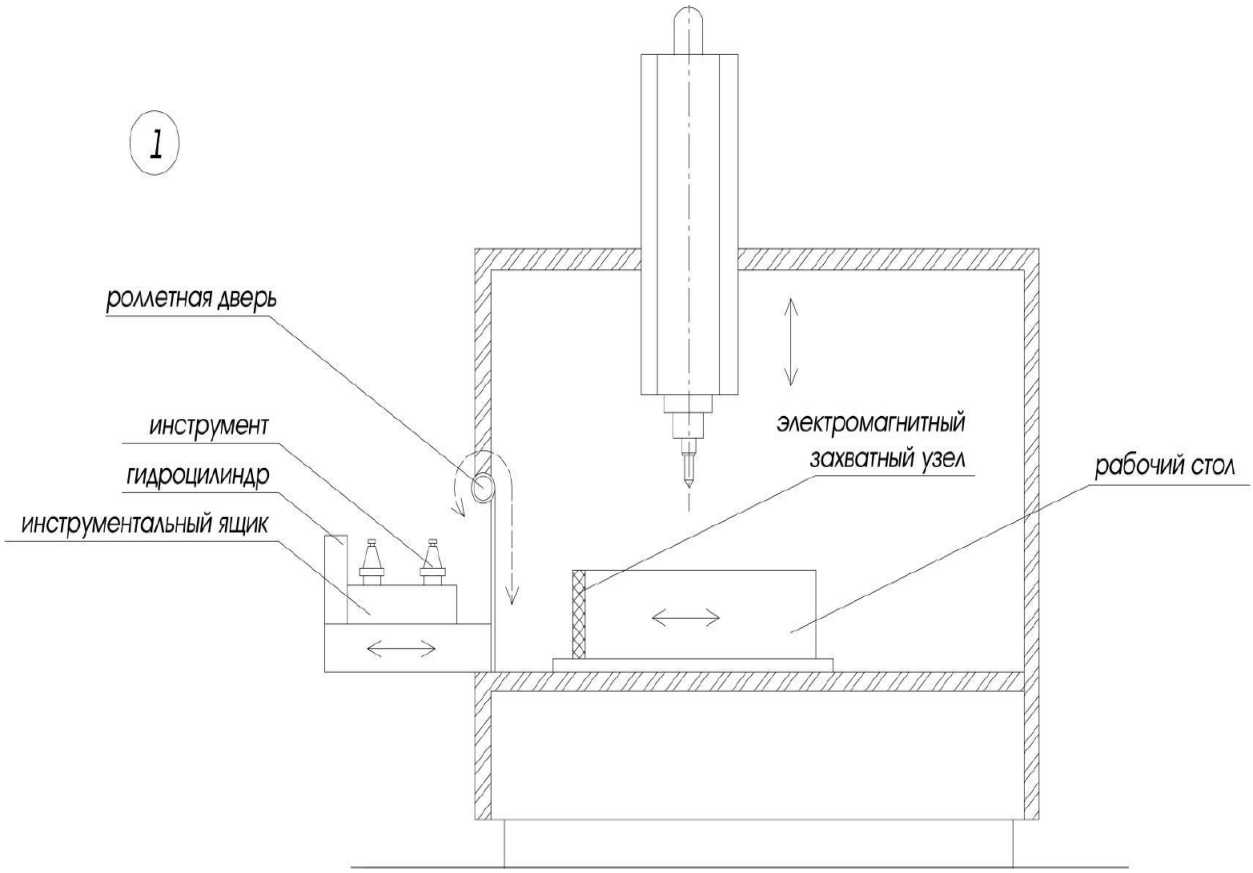


Рисунок 3. Схема «универсального» инструментального магазина

Одним из критериев сопоставления конструкций принимается соотношение габаритов устройства и его емкости. Аналитические и экспериментальные исследования соотношения площади инструментальных магазинов (дисковый, барабанный, цепной, универсальный) и их емкости были проведены автором работы [1]. Исследования показали, что при одинаковом количестве инструментов «универсальный» магазин имеет меньшую площадь, чем другие виды инструментального магазина. Наибольшую площадь занимает дисковый магазин.

В то же время остается открытым вопрос о сопоставлении быстродействия и надежности различных видов конструкций. В работе [6] сделана попытка определить пути повышения производительности обработки за счет выбора наилучшего варианта АСИ. Авторы, рассмотрев различные варианты компоновок и результаты других исследований многооперационных станков, пришли к идеи «обеспечения работы всех инструментов на оптимальных режимах резания». Изучая этот аспект, следует отметить различную стойкость инструментов в АСИ. Решением является выделение инструментов, имеющих наименьшую стойкость и дополнение магазина инструментами –дублерами.

Проведенный анализ теоретических исследований выявил также обращение к критерию быстродействия, но у исследователей не сложилось

определенных выводов по такому сопоставлению. Таким образом, в настоящее время ставится вопрос о критерии оптимизации при выборе конструкции инструментальных магазинов станков с ЧПУ и обрабатывающих центров.

Список литературы

1. Инструментальные магазины в обрабатывающих центрах [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://elib.spbstu.ru/dl/2/v17-2986.pdf/download/v17-2986.pdf – (Дата обращения: 06.10.2018).

2. Официальный сайт «ИВТЕХСЕРВИС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pragati.ru/img/wysiwyg/UASI_PRAGATI.pdf/. (Дата обращения: 06.10.2018).

3. Официальный сайт «СТАНКИМ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.stankim.com/catalog/oborudovanie. (Дата обращения: 06.10.2018).

4. Устройства автоматической смены инструмента станков с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://icvt.tubryansk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=27: (Дата обращения: 06.10.2018).

5. Устройство Автоматическая смена инструмента АСИ [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.tops100.ru/agreg/avtomaticheskaya-smenainstrumenta/. (Дата обращения: 06.10.2018).

6. Чабина О.А. Повышение производительности многооперационных станков за счет выбора рациональной системы автоматической смены инструмента / О.А. Чабина, И.В. Киселева // Студенческий научно-технический журнал "Инженер", Донецк-Дон НТУ. 1(21)-2(22), 2016, с.185-188.

НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 15.04.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Богодухов С.И., д-р техн.наук, профессор
Оренбургский государственный университет

По направлению подготовки магистров 15.04.01 Машиностроение обучение ведется с 2014 года и мною осуществляется его непосредственное руководство. Магистранты выполняют большой объем научно-исследовательских работ под руководством научных руководителей профессорско-преподавательского состава кафедры материаловедения и технологии материалов и производственников с завода бурового оборудования. Работы магистрантов направления 15.04.01 представлены на международных, всероссийских конференциях, Уральских школах-семинарах молодых материаловедах. Тематика работ магистрантов разнообразна и соотносится с проблемами развития в области материаловедения. В настоящий момент особый интерес вызывает проблема повышения производительности труда, применение новых материалов, а также экономичное использование средств и материалов. В числе новейших технологических направлений, определяющих научно-технический прогресс обработки металла, одно из первых мест занимают методы обработки в области упрочнения режущего инструмента с целью повышения его эксплуатационных характеристик. Быстрое разрушение изделий, работающих при высоких скоростях, нагрузках и температурах, к которым относится режущий инструмент, требует разработки и внедрения в производство новых методов упрочнения. Также осуществляются работы по упрочнению углеродистых, инструментальных, штамповых сталей различными способами.

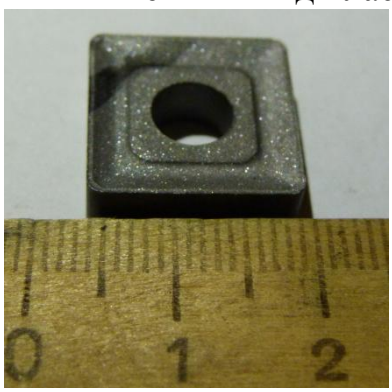
К традиционным способам повышения стойкости различных групп материалов относятся как поверхностная термообработка, так и различные диффузионные и другие химико-термические способы обработки, нанесение покрытий, наплавка и другие способы, но в ряде случаев они не всегда обеспечивают необходимую износостойкость или неприемлемы по другим причинам. Наиболее песпективными способами упрочнения материалов являются плазменная и лазерная обработка. Поэтому магистранты кафедры материаловедения и технологии материалов выполняют свои работы по данной тематике.В работах магистрантов используется следующее оборудование, имеющееся на кафедре материаловедения и технологии материалов: микроскоп оптический μVizo-MET-221, растровый микроскоп JEOL JCM-6000 NeoScopeII, минидифрактометр МД-10, стационарный твердомер ИТ 5010, токарно-винторезный станок 16К20, оборудование для испытания на износ, весы с точностью до 0.001г для испытания образцов на износ.

Объектом исследования являются изделия из твердых сплавов (неперетачиваемые квадратные пластины) группы ТК (Т15К6). Режимы лазерной обработки представлены в таблице 1.

Упрочнение твердых сплавов было выполнено при помощи лазерной установки ЛК 3015 лс 07, которая представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Лазерная установка ЛК 3015 лс 07

Внешний вид пластин представлен на рисунке 2.



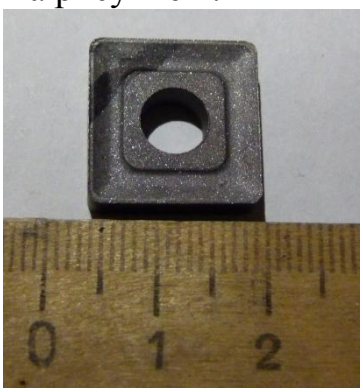


Рисунок 2 – Четырехгранная твердосплавная пластина группы ТК

Таблица 1 – Режимы лазерной обработки четырехгранных твердосплавных пластин группы ТК

Образец	Мощность, Вт/мм^2	Диаметр пятна фокусировки d, мм	Скорость обработки V, мм/с
1	2	3	4
1	100	2	10
2		2	20

1	2	3	4
3		2	30
4		2	40
5	200	2	10
6		2	20
7		2	30
8		2	40
9	300	2	10
10		2	20
11		2	30
12		2	40
13	300 обратная сторона	2	10
14		2	20
15		2	30
16		2	40
17	400	2	50
18		2	100

Обработка пластин лазером проводилась на лазерном станке ЛК 3015 лс 07 по программе «KV_OSN»:

```
($PATH=/_N_MPF_DIR)
N10 G91 G17 F10000
N20 G0 X17.853 Y5.800
N30 M73
N40 M79
N50 M77
N60 G1 X0.000 Y4.000
N70 X-6.653 Y0.000
N80 G2 X-1.400 Y1.400 I0.000 J1.400
N90 G1 X0.000 Y13.500
N100 G2 X1.400 Y1.400 I1.400 J0.000
N110 G1 X13.500 Y0.000
N120 G2 X1.400 Y-1.400 I0.000 J-1.400
N130 G1 X0.000 Y-13.500
N140 G2 X-1.400 Y-1.400 I-1.400 J0.000
N150 G1 X-6.847 Y0.000
N160 M78
N170 M80
N180 M74
N190 G90 G0 X0 Y0
N200 M02
```

Твердость после непрерывной лазерной обработки измеряли по методу Виккерса на твердомере ИТ 5010 с погрешностью ±5 МПа (5 уколов). Результаты испытаний внесены в таблицу 2.

Таблица 2– Изменение твердости квадратных пластин, при нагрузке 10 кг, в зависимости от режимов лазерной обработки

Образец	Режимы	Твердость, HV					Среднее значение, HV
		1	2	3	4	5	
Исходный	-	1610	1542	1620	1440	1558	1554
1	100 Вт, 10 мм/с	1910	1824	2158	2201	2397	2098
2	100 Вт, 20 мм/с	1592	1601	1812	1598	1802	1681
3	100 Вт, 30 мм/с	2315	1897	2480	1970	2408	2214
4	100 Вт, 40 мм/с	2001	1798	1812	1671	1893	1835
5	200 Вт, 10 мм/с	2308	1930	2213	2274	2105	2166
6	200 Вт, 20 мм/с	2346	2278	2309	1994	2388	2263
7	200 Вт, 30 мм/с	1572	1607	1540	1613	1548	1576
8	200 Вт, 40 мм/с	1550	1598	1597	1582	1593	1586
9	300 Вт, 10 мм/с	2378	2353	2331	2384	2389	2367
10	300 Вт, 20 мм/с	1827	1821	2041	2031	1830	1910
11	300 Вт, 30 мм/с	1564	1583	1571	1543	1609	1574
12	300 Вт, 40 мм/с	2407	2240	2418	2249	2256	2314
13	300 Вт, 10 мм/с	1910	1930	1998	2020	1992	1970
14	300 Вт, 20 мм/с	2123	1871	1839	1970	1847	1930
15	300 Вт, 30 мм/с	1846	1923	1878	1896	1912	1891
16	300 Вт, 40 мм/с	1823	1728	1792	1736	2006	1817
17	400 Вт, 50 мм/с	2781	2796	2846	2816	2715	2791
18	400 Вт, 100 мм/с	2278	2747	2407	2384	2569	2477

Анализ таблицы 2 показал, что твёрдость у образцов после непрерывной лазерной обработки выше, чем у исходных на 79 %. Этот факт показывает на эффективность и перспективность примения данного способа упрочнения твердых сплавов. Исследования , проведенные по данной тематике, интересны магистрантам по направлению 15.04.01 Машиностроение и по итогам государственных защит в 2014-2018 годов количество оценок «отлично» составляет более 85 %.

Список литературы

1 Яресько, С.И. Физические и технологические основы упрочнения твердых сплавов: Монография / С.И. Яресько. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2006. - 244 с.

2 Богодухов, С.И. Влияние режимов лазерного упрочнения на параметры тонкой структуры твердых сплавов / С.И. Богодухов, Е.С. Козик, Е.В. Свиденко // Издательско-полиграфический комплекс «Университет»: Оренбург, 2015. – №1. – С. 9-14.

3 Кузнецов, А.В. Влияние лазерной обработки на тонкую структуру твёрдого сплава Т15К6 / А. В. Кузнецов // XVI международная научно-

техническая Уральская школа-семинар металловедов-молодых ученых. Екатеринбург, 7-11 декабря 2015: сборник научных трудов. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – Ч. 1. С. 259-262.

4 Пинахин, И.А. Влияние импульсной лазерной обработки на абразивнуюизносостойкость твердосплавных режущих инструментов / И.А. Пинахин,В.Г. Копченков // Научно-техническое издательство «Машиностроение». Москва, 2010.– N10.–С.10-12.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бочкарев А.В., Саитбатталов Р.Р.
Оренбургский государственный университет

Автоматизация литейного производства при помощи использования промышленных роботов позволяет повысить производительность, качество и повторяемость результатов, исключить участие человека во вредном производстве, снизить издержки на литейном производстве и сделать производственный процесс более безопасным.

Каждый год темпы роботизации технологических процессов в Европе, США, Индии, Бразилии, Мексики, Китае и других странах стремительно растут. В России и СНГ темпы автоматизации идут очень медленно.

Независимо от технологии литья, будь то ЛВМ, ЛГМ, ХТС или литьё в песчано-глинистые смеси, стоимость подготовки производства и моделей накладывает свой отпечаток на стоимость мелкосерийного или среднесерийного заказа.

Изготовление керамических оболочковых форм при автоматизации литейного производства требует знание и понимание технологии. Это очень серьёзный этап при автоматизации литейного производства и очень распространён при литье по выплавляемым моделям (ЛВМ). При использовании этой технологии, на пути от запрессовки модели на машине до удаления облоя производителям для получения 100% готовых отливок приходится часто закладывать коэффициент 1,4-1,6 в зависимости от внедрения современных материалов. В любом случае при роботизации технологического процесса получения форм удаётся практически устранить брак (может составлять до 5%) на этом этапе формообразования, увеличить производительность и гарантированную повторяемость результата, а так же исключить участие человека на вредном производстве. Поставку автоматизированных комплексов для изготовления керамических оболочковых форм осуществляется с комплектом оборудования. Каждый комплекс нанесения керамического покрытия проектируется с учётом индивидуальных требований заказчика и с учётом используемых им материалов, габаритов изделий и особенностей помещения. В зависимости от поставленных задач роботизированные комплексы поставляются либо с простыми четырёхосными моделями роботов KUKA, либо шестиосными роботами. Баки для суспензии могут опционально комплектоваться системами контроля уровня, скорости вращения, поворотными платформами, крышками и системами автоматической досыпки. Поэтому безусловно стоимость такого комплекса для каждого заказчика рассчитывается индивидуально.

При заливке металла имеется наличие ряда факторов влияющих на производительность, условия труда, качество и обеспечение повторяемости результата. Для решение всех приведённых ниже факторов призвана

автоматизация литейного производства и роботизация технологического процесса.

Автоматизация литейного производства и роботизация технологического процесса прежде всего востребована в прецизионном литьё и серийном получении сложных тонкостенных отливок востребованных в машиностроении и аэрокосмической промышленности. К этому можно добавить литьё из жаропрочных сплавов с температурой заливки 1500—1700 °С. Любая неточность здесь становится причиной брака, остановки производства, возникновения аварийных ситуаций. Производители литья в России вынуждены добавлять существенный процент от брака (литейные дефекты из-за нарушения технологии) к существенным затратам на прокалку форм и плавку металла используя устарелое печное оборудование с существенно более высокими затратами на энергоносители. Таким образом все преимущества за счёт более дешёвой рабочей силы, дешёвых энергоносителей и материала перекрываются применением в Европе современных материалов и энергосберегающего оборудования, а так же снижением количества брака за счёт автоматизации литейного производства. На этапе выдачи оболочек на прокалку до заливки металла в подогретые формы потери от брака составляют от 7 до 18% от общего количества произведённых запрессовок модельной массы в начале процесса. Человеческий фактор здесь играет очень большую роль. Так же время подачи формы под заливку или переноса разливочного ковша является очень важным показателем. При литье в песчано-глинистые формы, разовые формы ХТС, литье в кокиль под низким давлением, роботизация технологического процесса позволяет выполнять:

- операции с опоками (сборка форм, установка песчаных стержней); - извлечение из пресс-форм и опок затвердевших отливок; - отчистка формы и напыление покрытий; - перемещение отливок (забор из форм, передача на конвейер для последующей очистки поверхности, передача на механическую обработку). - проверка отливки на блоке контроля на предмет брака и при необходимости отбраковка.

Необходимо отметить, что все описанные выше действия могут выполняться в условиях повышенной температуры и запылённости круглосуточно, с постоянной скоростью многократно превышающей скорость выполнения операций человеком, при этом со значительно большей точностью. Робот на литейном участке применяются в специальном исполнении с герметизированным корпусом, защитой IP67, 2-х слойной окраской, дополнительным охлаждением и применением защитного кожуха.

После получения отливки заготовки и предварительной отчистки её поверхности, независимо от метода литья необходимо удалить литейные прибыли, элементы литниковой системы и зачистить облой, выполнить операции фрезеровки и контроля. На этом этапе роботизированные комплексы позволяют существенно повысить производительность, снизить процент брака и обезопасить труд человека. При взаимодействии с комплексами литья, например при извлечении отливки из кокиля или машины литья под давлением,

робот обычно простаивает, однако может выполнять все операции по механической обработки заготовки в период между следующей заливкой металла и извлечением отливки. На выходе таким образом удаётся получить полностью готовое изделие.

Программирование и управление роботами в основном осуществляется при помощи электрошкафа управления с контроллером, программного обеспечения разработанного для среды Windows и установленного на ПК, а так же опционально при помощи сенсорного экрана на планшете. Все базовые функции, которые требуются для работы робототехнической системы, например проектирование траектории или управление вводом-выводом из пресса заготовки при автоматизации штамповки или из печи прокалки форм, подачи формы под заливу при автоматизации литейного производства и т.д.., а так же более расширенные функции обеспечиваются указанными выше средствами которые дополняют друг друга. Система позволяет мгновенно отслеживать все функции и шаги программирования и обеспечивать непосредственное слежение за роботом и заготовкой, что обеспечивает немедленную проверку программирования. Процессы понятно представлены оператору с помощью интеллектуальных интерактивных диалоговых окон. Действия робототехнической системы поддерживаются при помощи датчиков (камера, лазерный сканнер, силомоментный датчик) позволяющих гибко подстраивать работу под различные окружающие ситуации, в зависимости от поставленной задачи.

Применение прогрессивной технологии является основой для создания автоматизированного высокопроизводительного оборудования. Прогрессивные процессы – это процессы, которые, обеспечивая получение высокого качества продукции, являются высокопроизводительными и легко поддаются автоматизации.

Оснащение литейных цехов высокопроизводительным автоматизированным оборудованием должно базироваться на комплектах машин и устройств, входящих в сферу автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Комплексная автоматизация – часть общего процесса совершенствования производства. В него входят: совершенствование оборудования, улучшение конструкции и технологичности изделии, внедрение новых материалов и технологических процессов, совершенствование организации и управления производством, повышение уровня массовости производства, например путем специализации и кооперирования его, унификации и нормализации изделии.

Список литературы

1.Дальский А.М., Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение.– 2003. – 512 с.

2.Информационный портал «infomundus.com». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://infomundus.com

3.Информационный портал «pereosnastka.ru». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pereosnastka.ru

К ВОПРОСУ О ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК

Воронин Д.Н., Радыгин А.Б.
АО «ПО «Стрела», Оренбург

Традиционно предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) отличаются высоким уровнем применяемых технологий, использованием новейшего технологического оборудования или оборудования, подвергнутого глубокой модернизации, активным внедрением современных компьютерных технологий, наличием высококвалифицированного персонала [1].

Не случайно, что в условиях перспективного сокращения объемов гособоронзаказа, согласно поручению Президента РФ, к 2020 году доля гражданской продукции в ОПК должна составить не менее 17%, к 2025-му — не менее 30%, к 2030 году — не менее 50% [1].

Президент отметил, что пришло время «нацелить отрасль на создание современной, конкурентоспособной гражданской продукции для медицины, энергетики, авиации, судостроения, космоса, других высокотехнологичных отраслей» [1].

Одним из направлений диверсификация производства оборонно-промышленного комплекса может стать производство оборудования для других отраслей отечественной экономики. Или, выражаясь языком советской эпохи – производство средств производства [2, 3].

Изготовление конкурентоспособных изделий авиационной, космической, транспортной и другой техники возможно лишь с применением современного машиностроительного оборудования и технологий.

Современные машиностроительные технологии строятся на платформе компьютерно управляемых гибких производственных систем (ГПС) и единого информационного пространства предприятия, что обеспечивает гибкий и экономичный выпуск продукции с позаказной формой организации производства. За счет интенсивной работы системы высокие первоначальные затраты на создание окупаются за короткий промежуток времени [4].

В настоящее время, когда необходимость технологической модернизации производства рассматривается руководством страны как вопрос национальной безопасности, актуальность проблем создания отечественных высокотехнологичных ГПС нового поколения не вызывает сомнений [4].

В 80-х годах прошлого века в промышленно развитых странах развернулась активная работа по созданию только что появившихся новейших средств производства – гибких производственных систем. Появление таких систем стало возможным, благодаря применению компьютеров в управлении станками, станочными комплексами и сервисным оборудованием: автоматическими складами, робокарами, системами автоматической подачи режущих инструментов.

В Оренбуржье первые образцы ГПС были созданы на Орских заводах ЮУМЗ и «Тракторные прицепы», на Оренбургском предприятии АО «ПО «Стрела». На «Стреле» была создана ГПС на базе токарных станков, на вновь создаваемом производстве «Д» начинался монтаж ГПС на базе многоцелевых станков типа «Обрабатывающий центр».

К сожалению, отечественный опыт эксплуатации ГПС оказался отрицательным: из-за низкой надежности элементной базы были велики отказы компьютерных систем управления и самих станков, оборудование работало с коэффициентом загрузки 0.3 – 0.4, существенно снизилось качество изготавливаемых изделий.

В настоящее время уровень импортозависимости отрасли станкостроения критический, более 90% [5].Наиболее высокий уровень импортозависимости характерен для следующих видов комплектующих: системы ЧПУ для управления 5 и более осями; электродвигатели для станков с ЧПУ, в том числе линейные; датчики, линейки, преобразователи; шарико-винтовые пары; инструментальные магазины для обрабатывающих центров с механизмом автоматической смены инструмента; подшипники [5].

По оценкам Минпромторга, к 2020 году спрос на автоматизированное оборудование возрастет до 86% в общем объеме потребления станков. А после 2030 года станки без систем ЧПУ покупать почти перестанут [6].

В то же время технологии и оборудование АО «ПО «Стрела» позволяют наладить производство как линейки комплектующих для гибкой автоматизации, так и изготавливать готовые системы «под ключ».

Однако при диверсификации производства в данном направлении существуют и научные проблемы.

В исследованиях ученых Аэрокосмического института ОГУ доказано, что требуемые технические характеристики ГПС зависят от целого ряда смежных проектных решений. Рассмотрим их более подробно.

Технологические решения. В ГПС механической обработки изготавливаются изделия, технологические процессы для которых могут различаться набором выполняемых технологических переходов, применяемых режущих инструментов, режимами резания и, как следствие, различными затратами времени на обработку.

Возможны ситуации, когда на станке ГПС очередной технологический переход уже закончен, а режущий инструмент для следующего перехода еще не подготовлен. По данной причине появляются непроизводительные простои станка в ожидании подготовки и смены инструмента в зоне резания. Стремление форсировать режимы резания с целью повышения производительности обработки может привести к противоположному результату: станок будет быстрее выполнять обработку, однако, из-за увеличивающегося расхода режущих инструментов чаще и дольше простаивать в ожидании их смены.

Конструкторские решения. При проектировании узлов и агрегатов технологического и сервисного оборудования ГПС возможно принятие

различных конструкторских решений, в конечном итоге характеризуемых длительностью циклов работы устройств и надежностью их срабатывания. Вероятностные возмущения при работе данных устройств в виде рассеяния длительности срабатывания, сбоев и отказов создают дополнительную стохастику в работе системы в целом, что также может привести к появлению неплановых непроизводительных простоев.

Структурно-компоновочные решения. При проектировании ГПС в целом рассматриваются различные варианты взаимного расположения технологического оборудования, компоновки автоматизированных складов заготовок и режущих инструментов, типы и количество транспортных средств. Очевидно, что и соответствующая эффективность функционирования системы при ее эксплуатации будет различной.

Алгоритмы управления. При управлении взаимодействием технологического и сервисного (транспортного) оборудования в АСУ ГПС могут быть реализованы различные правила обслуживания, например, с первой заявки в очереди (FIFO); с последней заявки в очереди (LIFO); по приоритетам станков (PRIO); по минимальной трудоемкости заготовок в накопителе (TWK); по минимальному остаточному времени в рабочей зоне (LWKR); по минимальному числу заготовок в накопителе (NXQL); по минимальному времени транспортной операции (SPT). Каждому правилу будет соответствовать и оригинальное распределение заготовок между станками, а также обеспечиваемая эффективность функционирования системы [7].

Совместный учет технологических, конструкторских, структурно-компоновочных и управленческих решений возможен лишь с помощью компьютерного имитационного моделирования работы ГПС при различных комбинациях указанных решений с последующей оценкой эффективности ее функционирования рядом эксплуатационных показателей (загрузка, производительность, срок окупаемости).

В Аэрокосмическом институте ОГУ разработан ряд программных продуктов для моделирования ГПС (Каскад, PolyTrans, FMSPC, FMSconcept и другие). Программные продукты позволяют провести вычислительные эксперименты по выбору проектных решений для различных условий функционирования систем. Однако, как показывают результаты многочисленных вычислительных экспериментов, выполненных в работах представителей научной группы Сердюка А.И., Сергеева А.И., Корнипаева М.А., Гильфановой Ф.Ф., Рахматуллина Р.Р., Казакова А.О. и других ученых, получаемые проектные значения параметров существенно различаются в зависимости от комбинаций используемых входных данных.

Для организации промышленного производства унифицированных комплектующих элементов и ГПС в целом необходимо наличие комплекса значений технических характеристик узлов и агрегатов технологического и сервисного оборудования, инвариантных к варьированию содержания технологических процессов. Тем более, что на каждом предприятии –

потребителе вышеуказанной диверсифицированной продукции технологии механической обработки могут варьироваться в широких пределах.

Таким образом, появляется актуальная научная задача, связанная с формированием технических характеристик гаммы модульной системы унифицированных узлов и агрегатов для создания ГПС. Формирование такой системы позволит расширить возможность ее эффективной эксплуатации на множестве предприятий машиностроительной отрасли в условиях массового обновления производственного оборудования.

С другой стороны, унификация и стандартизация элементов модульной системы для гибкой автоматизации позволит предприятию - производителю организовать ее производство по отработанным технологиям, что создает технологическую основу для создания автоматизированного производства.

Список литературы

1. ОПК осваивает гражданскую продукцию [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://flb.ru/7/834.html. – Дата обращения: 14.11.2018.

2. Товары народного потребления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Товары_народного_ потребления. – Дата обращения: 14.11.2018.

3. Средства производства / Григорьева И. Л. // Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1969—1978. — (Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров ; 1969—1978).

4. Казаков А.О. Автоматизированная среда предпроектных исследований гибких производственных систем: автореф. дисс. канд. техн. наук. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013. – 16 с.

5. Стратегия развития станкоинструментальной промышленности до 2030 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://clck.ru/CaH6k. – Дата обращения: 14.11.2018.

6. С. Катырин: потребность российских предприятий в станках будет только расти [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://udm-info.ru/news/economy/06-10-2017/s-katyrin-potrebnost-rossiyskih-predpriyatiy-v-stankah-budet-tolko-rasti. – Дата обращения: 14.11.2018.

7. Гильфанова Ф.Ф. Многовариантная оценка комбинаций правил обслуживания в АСУ гибких производственных ячеек: автореф. дисс. канд. техн. наук. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2007. – 16 с.

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ НА ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Гаврилов А.А., канд.техн.наук, Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Морозова И.А.
Оренбургский государственный университет

При проведении экспериментальных исследований частотных характеристик необходимо использовать датчики ускорений, крепящиеся на исследуемый объект. Данные датчики имеют определенные размеры и массу, следовательно, их установка будет влиять на частоты собственных колебаний объекта испытаний.

В качестве объекта исследования был выбран тонкостенный стержень, жестко закрепленный с одного конца. Размеры стержня и места крепления датчиков представлены на рисунке 1.

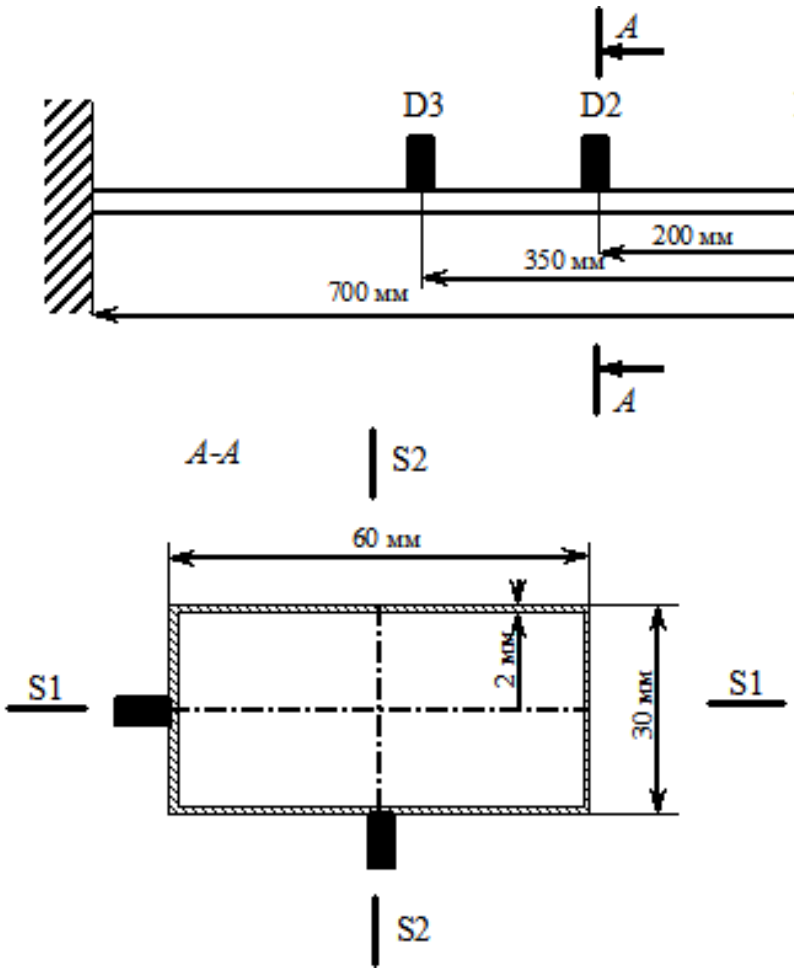


Рисунок 1 – Консольный тонкостенный стержень с датчиками

Для численного моделирования колебаний стержня применялась система Autodesk Inventor. На рисунках 2, 3 представлены смоделированные формы изгибных колебаний в двух взаимно перпендикулярных плоскостях *S1* и *S2*, а

на рисунке 4 – крутильная форма и форма продольных колебаний [1, 2]. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

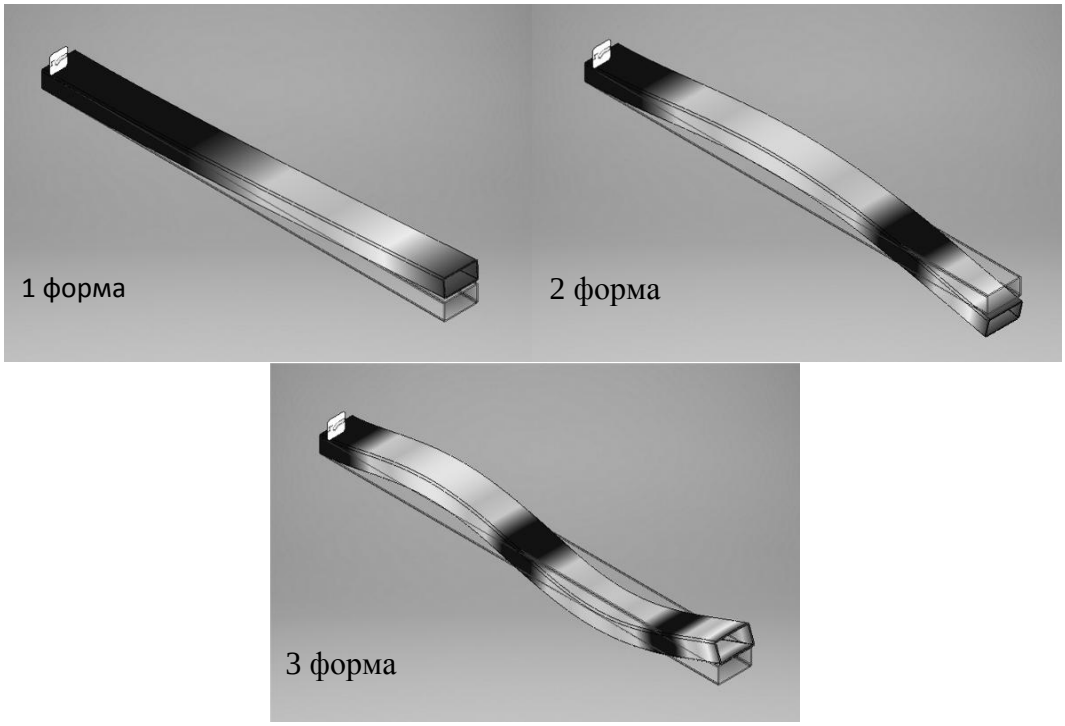


Рисунок 2 – Формы изгибных колебаний в плоскости *S2*

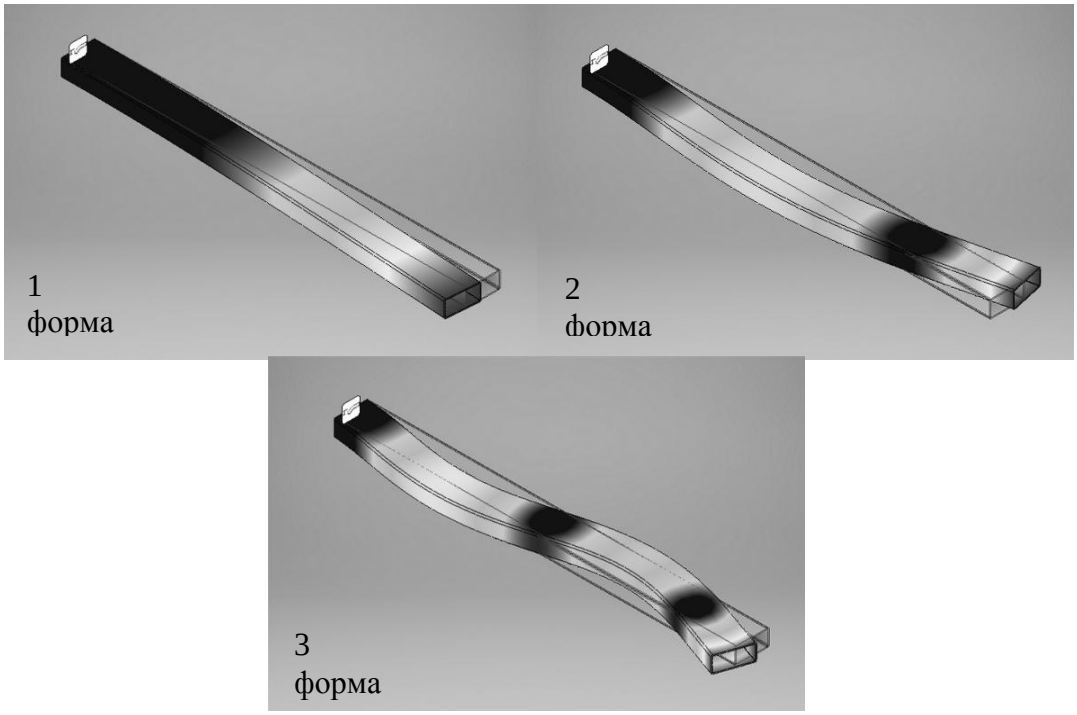


Рисунок 3 – Формы изгибных колебаний в плоскости S1

Рисунок 4 – Формы крутильных и продольных колебаний

Таблица 1 – Собственные частоты при численном моделировании

Преимущественная форма колебаний	Частота без датчиков, Гц	Частота с датчиками, Гц	Снижение частоты, %
Изгибная в S2 №1	71,13	70,53	0,8
Изгибная в S1 №1	123,07	121,96	0,9
Изгибная в S2 №2	426,69	422,51	1
Изгибная в S1 №2	726,97	720,67	0,9
Крутильная №1	867,60	864,41	0,4
Изгибная в S2 №3	1122,11	1106,16	1,4
Продольная	1806,52	1793,00	0,7
Изгибная в S1 №3	1874,33	1867,21	0,4

Как видно из таблицы при установке датчиков происходит снижение собственных частот всех форм колебаний. В данном случае относительная величина снижения не превышает 1,4%, следовательно, влиянием датчиков на колебания стержня можно пренебречь. Тем не менее, подобное моделирование при проведении исследований необходимо осуществлять, особенно в тех случаях, когда массы или размеры датчиков и объекта исследований являются величинами одного порядка [3].

Список литературы

1. Гаврилов, А.А. Методика расчета собственных частот кран-балок / А.А. Гаврилов, Н.А. Морозов, Ю.Л. Власов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 1 (176). – С. 212-217.

2. Гаврилов, А.А. Моделирование свободных колебаний балки с учетом ограничений по жесткости / А.А. Гаврилов, Ю.Л. Власов, Н.А. Морозов // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы II Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 166-169.

3. Гаврилов, А.А. Учет внутреннего трения в задачах динамики тонкостенных конструкций / А.А. Гаврилов, Н.А. Морозов, Ю.Л. Власов // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 160-164.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ С ЦЕЛЬЮ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Гуньков С.А., Шепель В.Н., д-р. экон. наук, профессор,
Трипкош В.А., канд.техн.наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Существуют различные определения термина «имитационное моделирование». Мы взяли более распространенное определение, образованное от английского словосочетания *simulation modeling*. Так под **имитационном моделированием** следуетпонимать метод исследования, в котором изучаемая система подменяется моделью, дающую, с достаточной точностью, описание реальной системы (построенная модель описывает процессы, проходящие в действительности), проводящей с ней испытания, с целью получить информации об этой системе.

Данную модель возможно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и для заданного их множества. Однако результаты будут определяться хаотичным характером процессов, на основе которых можно получить достаточно устойчивую статистику. Нужно сказать, что экспериментальные исследования с моделью называют имитацией, а имитационное моделирование (ИМ) определяется как частный случай математического моделирования.

Построение адекватных математических моделей, логических или числовых, для сложных и разноплановых производственных систем, не имеющих полного математического описания, является невыполнимой задачей.

Для описания производственной системы используется набор значений параметров, описывающих каждое конкретное ее состояние. При внесении этих значений в компьютер, их изменение в вычислительном процессе можно рассматривать как переход системы в различные состояния [1].

Вышеуказанные предположения дают возможность рассматривать имитационное моделирование как динамическое представление системы по характерным для нее операционным правилам, путем продвижения ее от одного состояния к другому. Изменения состояния производственных систем, при имитационном моделировании, происходят в дискретные моменты времени. Основная концепция имитационного моделирования системы заключается в том, чтобы отобразить изменения состояния системы с течением времени.

Имитационные модели, включающие также и человека, позволяют, без использования каких-либо аналитических или других функциональных зависимостей, отображать сложные объекты, состоящие из разнородных элементов с разнообразными связями. Без принципиальных усложнений в такие модели могут быть включены как детерминированные, так и стохастические потоки (материальные и информационные). Имитационное моделирование

помогает отображать взаимосвязи между потоками изделий и материалов, рабочими местами, транспортными средствами и персоналом. Схема построения модели приведена на рисунке 1.

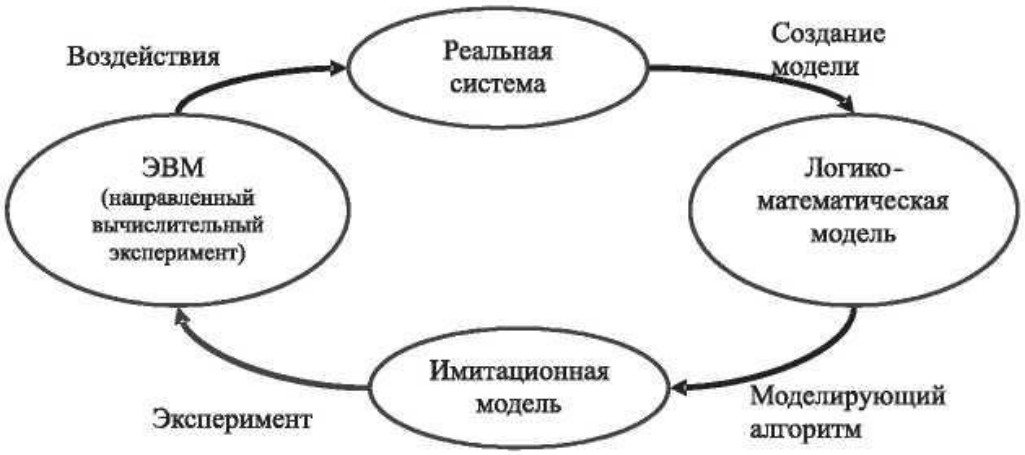


Рисунок 1 – Схема построения модели

Следующим этапом разработки имитационной модели являются компьютерные эксперименты, позволяющие сделать заключение о поведении производственной системы при отсутствии:

– ее реализации, если данная система находится в стадии проектирования;

– вмешательства в ее функционирование, если такая система действует и это вмешательство может привести к нежелательным последствиям;

– разрушения действующей системы, если цель воздействия на нее состоит в определении допустимых пределов такого воздействия.

Отладка одна из самых ответственных этапов жизненного цикла программного обеспечения. Зачастую отладка проходит в несколько этапов:

– грубая отладка, находящаяся между написанием функционально законченной части программы и до внедрения на объекте;

– тонкая отладка программы на объекте во время пуско-наладочных работ;

– доотладка программы в эксплуатационном режиме.

Первый этап включает в себя попытки разработчика, еще во время ее создания, как можно больше приблизить программу к рабочему состоянию. Отсутствие технологического объекта требует от разработчика ПО имитировать сигналы от датчиков или изменять соответствующие входные переменные в соответствии с алгоритмом функционирования объекта. Разработчик должен четко представлять себе работу технологического объекта, дабы в дальнейшем имитировать сигналы в правильной последовательности и в нужных диапазонах, а также внимательно проверять реакцию программы на эти действия. Для сложного объекта отладить программу путем перебора заданных

комбинаций значений переменных процесса довольно проблематично и здесь могут помочь имитационные модели объектов управления [2].

Имитационные модели позволяют производить быструю отладку SCADA проектов. При разработке современных проектов требуется периодическое участие в оценке работы ПО верхнего уровня представителей заказчика. Отсутствие наличия связи с реальным объектом оценка работы ПО верхнего уровня требует имитации переменных процесса. Развитие компьютерных технологий ИМ становятся все более популярными в проведение исследований и в построение тренажеров [5]. На настоящее время есть множество программных средств, позволяющих производить имитацию в реальном времени. Они приведены на рисунке 2.

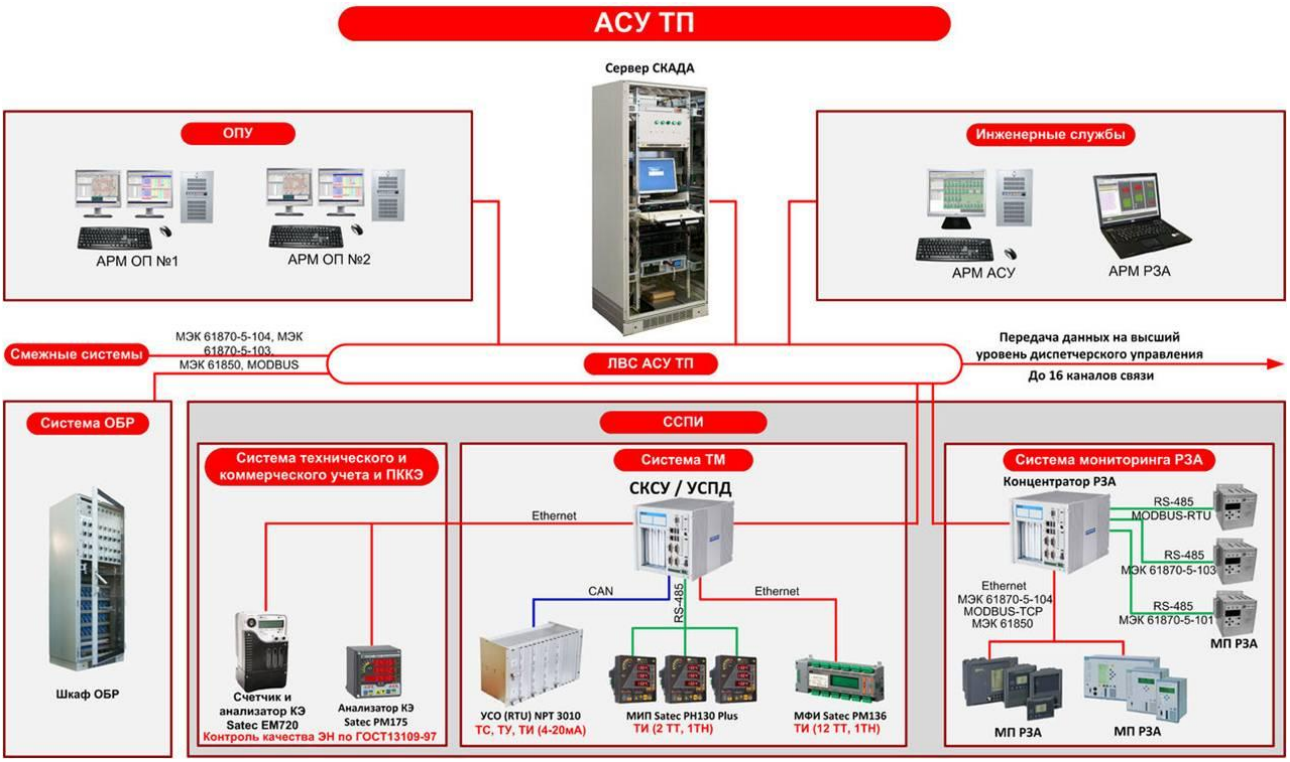


Рисунок 2 – Схема построения модели

Одной из наиболее трудоемких и наукоемких задач является разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Под АСУ ТП понимается сложная, разнородная, распределенная, программно-аппаратная система управления, включающая человека в контур управления и работающая в реальном масштабе времени. У разработки АСУ ТП имеются некоторые особенности, связанные с некоторыми осложнениями в работе:

– невозможность тестирования системы в полном объеме на инструментальных средствах разработчика и комплексной отладки;

– невозможность подключения в полном объеме реального оборудования, управляемого АСУ ТП, влияющие на отладочном стенде;

– невозможность проверки системы в нештатных ситуациях на реальном объекте ввиду нецелесообразности или небезопасности искусственного создания таких ситуаций.

Для решения проблем разработки подходящим методом является имитационное моделирование, а инструментом решения – имитационная модель технологического объекта управления (ТОУ), интегрированная с АСУ ТП [3].

Имитационная модель ТОУ (в дальнейшем просто модель ТОУ) берет за образец работу реального оборудования, находящегося под управлением АСУ ТП, и технологических процессов, протекающих в реальной системе. Интегрированность - это возможность использования в модели ТОУ интерфейсов других подсистем АСУ ТП, а также использования модели ТОУ, как составной части АСУ ТП [4]. Данный подход создания модели не требует реализации таких трудоемких частей модели, как взаимодействие модели с пользователем, визуализация и сохранение результатов моделирования.

Список литературы

1. Концепция развития единой информационной образовательной среды в Российской Федерации (2013). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.herzen.spb.ru/img/files/puchkov/koncepciya.pdf

2. Ибрагимов, И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения: учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений / И.М. Ибрагимов ; под ред. А.Н. Ковшова. 2-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2007. 336 с

3. Тихонов, А.И. Публикация данных в Internet / А.И. Тихонов ; под ред. В.А. Филикова. М. : Изд-во МЭИ, 2000. 96 с.

4. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / Ха- разов В.Г. М: Профессия 2009. - 590 с.

5. Автоматизированные системы управления и информатизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://scbist.com/wiki/8989-avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-i-informatizacii.html.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (ЛА) КАК ЭЛЕМЕНТ ИНФОРМАЦИОННОГО КАНАЛА

Дудоров В.Б., доцент
Оренбургский государственный университет

Как известно, основными задачами управления летательными аппаратами являются обнаружение и измерение параметров их движения, а в ряде случаев – распознавание.

Эти задачи сводятся к измерению с помощью радиолокационной станции (РЛС) некоторых характеристик электромагнитного поля, рассеянного летательного аппарата (цели). В этом случае РЛС необходимо рассматривать как основной элемент сложной информационной системы, адекватная модель которого может обеспечить эффективное решение поставленных задач [1].

Такая модель, отражающая взаимные связи составляющих ее элементов, должна описывающая с заданной точностью процесс преобразования характеристик сигналов в радиолокационном канале (РЛК) на пути от передатчика до устройства обработки РЛС.

В отличие от других информационных каналов РЛК обладает рядом особенностей, которые необходимо учитывать при создании его математической модели.

Одной из них является специфика формирования радиолокационного сигнала, которое в случае радиолокационного наблюдения осуществляется в несколько этапов. На начальном этапе в передающем тракте РЛС генерируется зондирующий сигнал–переносчик информации. Радиолокационная информация формируется в процессе взаимодействия излучаемой передающей антенной электромагнитной волны с объектом радиолокации. Это взаимодействие проявляется в возникновении рассеянного поля с определенным пространственно-временным распределением амплитуды, фазы и поляризации. В приемном тракте РЛС производится оптимальная обработка принятого сигнала.

Другой характерной особенностью РЛК является протекание в нем двух видов процессов: чисто временных (сигналы в приемопередающем тракте РЛС) и пространственно-временных (электромагнитные поля в окружающей РЛС среде), поэтому обработка сигналов в РЛС должна быть многопараметрической (многомерной).

С учетом перечисленных особенностей РЛК при формировании его математических моделей обычно исходят из следующих, достаточно общих предположений [2]:

1. Весь РЛК состоит из последовательности элементов (рисунок1). В первом приближении считается, что обратные связи между элементами РЛК отсутствуют

2. Для описания преобразующих свойств всего РЛК используется феноменологический принцип, в соответствии с которым каждый элемент РЛК

является некоторым многополюсником с известной связью входа и выхода. Число входов и выходов многополюсника соответствует размерности входных и выходных векторных сигналов.

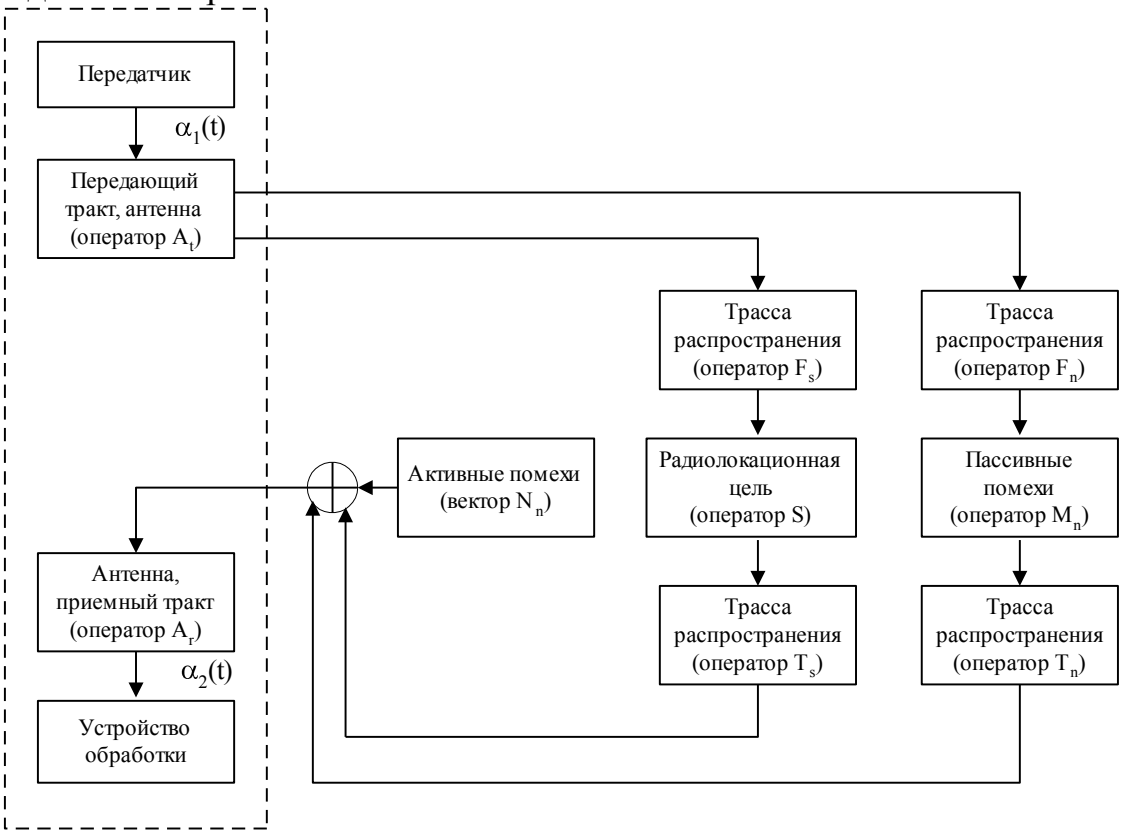


Рисунок 1 – Модель радиолокационного канала

3. Каждому из элементов РЛК в виде многополюсника сопоставляется некоторый оператор (стохастический или детерминированный), конкретный вид которого определяется на основании изучения физических особенностей данного элемента.

Взаимодействие различных элементов РЛК может быть описано с помощью ряда операторов и векторов, соответствующих различным блокам на рисунке1:

– A_t –оператор передающего тракта РЛС, описывающий преобразование излучаемого (зондирующего) сигнала $\alpha_1(t)$ в излучаемую электромагнитную волну с заданной пространственно-временной и поляризационной структурой;

– A_r –оператор, характеризующий свойства приемного тракта РЛС;

– F_S и $F_П$ –операторы преобразования сигналов на трассах «передатчик - цель» и «передатчик - источник пассивной помехи» соответственно;

– T_S и $T_П$ – аналогичные операторы преобразования на трассах «цель - приемник» и «пассивные помехи - приемник» соответственно;

– S и $M_П$ –операторы цели и пассивных помех соответственно;

– $N_П$ – вектор активных помех.

Тогда сигнал $\alpha_2(t)$ на выходе приемного тракта РЛС может быть найден из выражения

$$\alpha_2(t) = A_r\left[\ T_S S F_S + T_П M_П F_П\ \ A_t\alpha_1(t) + N_П\ \right]. \qquad (1)$$

Уравнение (1) является основой для постановки задачи по оптимизации РЛС в процессе их моделирования. Важно отметить, что в процессе оптимизации имеется возможность варьировать лишь операторами передающего и приемного трактов РЛС, а также видом радиолокационного сигнала $\alpha_1(t)$.

Из этого следует важный вывод, что априорная информация о целях (оператор S) и помехах (оператор $M_П$) является тем фундаментом, на котором должна строиться вся работа по оптимизации. По заданным параметрам зондирующего сигнала $\alpha_1(t)$ и характеристикам рассеяния S можно определить параметры отраженного сигнала $\alpha_2(t)$.

Далее оптимизация структуры и параметров конкретной РЛС, решающей в определенных условиях ту или иную задачу (обнаружение, измерение параметров, распознавание и т.п.), может проводиться двумя способами. Если параметры облучающего сигнала фиксированы, оптимизируется по выбранному критерию только приемный тракт РЛЦ, характеристики которого выбираются в соответствии с отраженными сигналами, последние, в свою очередь, определяются по радиолокационным характеристикам целей.

Отсюда следует, что представление ЛА оператором рассеяния позволяет математически корректно ставить задачу оптимизации модели РЛС в обоих указанных выше случаях.

Трактовка радиолокационных характеристик ЛА как независимого элемента информационного канала имеет ряд существенных достоинств и позволяет:

−решать задачи по оценке эффективности радиолокационного обнаружения заданных классов ЛА (т.е. с заданными радиолокационными характеристиками) при заданных условиях (форма зондирующих сигналов, законы движения ЛА и т.п.);

−получать исходные данные для оптимизации обработки отраженных сигналов при измерении параметров;

−определять оптимальные параметры зондирующих сигналов с точки зрения задач распознавания целей.

Эффективность решения указанных задач зависит от вида зондирующего радиолокационного сигнала $\alpha_1(t)$, ширины его спектра и рабочей частоты РЛС.

В свою очередь, ширина спектра сигнала РЛС определяется набором параметров, которые измеряет РЛС [2]:

−координатные (координаты ЛА и его первые производные, т.е. движения его центра масс);

− некоординатные (сведения о форме ЛА, его размерах и параметров движения вокруг центра масс).

В первом случае конечной задачей измерения координатных параметров является определение траектории ЛА, во втором − решение задачи распознавания.

При измерении координатных параметров используются сравнительно узкополосные сигналы. Например, для обнаружения таких сравнительно медленно летящих ЛА, как самолеты, применяются сигналы с шириной спектра $\Delta f = 500$ кГц.

Задачи измерения некоординатных параметров решаются с помощью широкополосных сигналов с полосой от нескольких сотен мегагерц (200...300 МГц) до 1 ГГц.

Таким образом, качественное решение большинства задач радиолокации достигается путем увеличения ширины спектра зондирующего сигнала Δf. При этом, как правило, увеличивается и несущая частота f_0, так что остается справедливым традиционное в радиотехнике предположение об узкополосности сигнала

$$\Delta f / f_0 << 1. \qquad (2)$$

Существуют радиолокационные сигналы с внутриимпульсной частотной или фазовой модуляцией, которая не нарушает условия (2). Такие сигналы относятся к узкополосным или квазимонохроматическим. Переход от монохроматических сигналов к сложным существенно изменяет величину выходного сигнала $\alpha_2(t)$ и вид оператора S.

Соответственно немонохроматические сигналы, характеризующиеся соизмеримыми значениями ширины их спектра Δf и средней («несущей») частоты

$$\Delta f / f_0 \approx 1 \qquad (3)$$

принято называть сверхширокополосными (СШП) [3]. Сложные сигналы также могут принадлежать к СШП сигналам, если, например, девиация частоты при линейной частотной модуляции (ЛЧМ) удовлетворяет условию (3).

Применение СШП радиолокационных сигналов имеет целью измерение радиолокационных характеристик и некоординатных параметров в диапазоне частот настолько широком, что эти характеристики заметно изменяются с частотой. Наибольшая частотная зависимость имеет место на частотах f_P резонансного диапазона, ограниченного сверху областью высоких частот (квазиоптической) с максимальной частотой f_B, а снизу низкочастотной (рэлеевской) с минимальной частотой f_H. Условия одновременного получения информации во всех трех областях определяются неравенствами:

$$k_H\alpha << 1, \quad k_P\alpha \approx 1, \quad k_B >> 1, \qquad (4)$$

где $k = 2\pi / \lambda$ –волновое число;

α –характерный размер ЛА;

λ –длина волны РЛС.

Для выполнения условий (4) необходимо соблюдение неравенства $k_B >> k_H$ или $f_B >> f_H$. При этом отношение ширины спектра $\Delta f = f_B - f_H$ к средней («несущей») частоте $f_0 = 1/2(f_B + f_H)$ зондирующего сигнала, называемое показателем широкополосности, определяется как

$$\mu_f = \frac{\Delta f}{f_0} = \frac{2(f_B - f_H)}{f_B + f_H} < 2. \quad (5)$$

Стремление к увеличению информативности радиолокационных измерений непосредственно приводит к необходимости использования СШП-сигналов, удовлетворяющих условию (3). Значение показателя широкополосности $\mu_f = 2$ является теоретическим пределом и достигается лишь при $f_H \to 0$.

Проведенное рассмотрение показывает, что следует различать три основных типа зондирующих радиолокационных сигналов: узкополосные (квазимонохроматические), сложные и сверхширокополосные. От типа сигнала существенно зависит характер рассеяния радиоволн на ЛА и структура оператора, который должен его описывать.

Список литературы

1. Ботов, М.И. Введение в теорию радиолокационных систем : монография / М.И. Ботов, В.А. Вяхирев, В.В. Девотчак ; под ред. М.И. Ботова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. – 394 с.

3. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. / П.А. Бакулев – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.

3. Варганов, М.Е. Радиолокационные характеристики летательных аппаратов / М.Е. Варганов, Ю. С. Зиновьев, Л. Ю. Астанин и др.; под ред. Л.Т. Тучкова. – М.: Радио и связь, 1985. – 236 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ

Дырдина Е.В., Иванова В.С.
Оренбургский государственный университет

Решение задач по теоретической механике в значительной степени способствует развитию инженерного мышления, формированию необходимых общепрофессиональных компетенций у студентов, обучающихся по техническим направлениям бакалавриата. Особое место в процессе формирования навыков решения задач механики занимают задачи на равновесие и движение твердых тел с учетом трения.Это обусловлено тем, что сила трения является величиной неопределенной, для которой можно определить только её предельное максимальное значение, равное произведению коэффициента трения скольжения f на нормальную (т.е. перпендикулярную к опорной поверхности) реакцию N. Таким образом, для того чтобы найти искомые величины приходится оперировать с неравенствами, что изначально придает задаче исследовательский характер.

Выбор расчетных моделей и схем является ключевым этапом решения любой задачи по механике. Однако, зачастую, на нем не акцентируют должным образом внимание обучающихся. В случае решения задач на равновесие и движение твердых тел с учетом трения этот этап вызывает дополнительные сложности и необходимость задуматься, поскольку возможны различные варианты контакта рассматриваемых тел с шероховатой поверхностью.

При выборе расчетной схемы, обычно изображают одно из контактирующих тел, мысленно отбрасывая второе, заменяя его действие силой (реакцией связи). Некоторые ситуации контактного взаимодействия моделируются стандартными способами, когда считается, что тела соединены друг с другом посредством опирания на «абсолютно гладкую поверхность», подвижных либо неподвижных шарниров, жесткой заделки или нерастяжимой нитью. Правила «отбрасывания» таких связей и замены их соответствующими реакциями хорошо известны (рассматриваются в соответствующих разделах теоретической механики).

В случае учета трения рассматриваются тела, которые «давят» друг на друга способами, которые не моделируются ни одним из этих стандартных, идеализированных, механических соединений. В частности, нужны правила для нахождения сил во время взаимного перемещения контактирующих тел: скольжения или качения.

С самого начала необходимо подчеркнуть: уравнения, описывающие контактное взаимодействие (трение скольжения и трение качения), являются весьма грубыми приближениями. Иногда значения некоторых из представляющих интерес величин, найденных на основе этих уравнений, расходятся с экспериментальными данными на 5-50%.

Уравнения, описывающие трение, имеют более низкий класс точности, чем основное уравнение динамики, которое для большинства инженерных задач, дает чрезвычайно точный результат, с погрешностью, составляющей менее одной части на миллиард. Закон всемирного тяготения Ньютона также является очень точным законом. И законы геометрии Евклида и векторного исчисления также чрезвычайно точны.

Менее точны уравнения, описывающие поведение пружин и амортизаторов. Но, все же, опираясь на них, можно определить жесткости пружин и некоторые характеристики демпферов с точностью от 0.1% до 1%.

Уравнения, описывающие трение скольжения и трение качения твердых тел гораздо менее точны.

Мало того, зная коэффициент трения между двумя телами из стали, нельзя на 100% доверять концепции коэффициента трения. Среди начинающих инженеров распространена ошибка, заключающаяся в том, чтобы использовать значения некоторых из представляющих интерес величин, найденных на основе законов трения, как точных. Это связано с привычкой доверять уравнениям, представленным в учебниках. Видя уравнение напечатанным в книге, слишком легко соблазниться принять его за «истину».

Необходимо помнить, что простые уравнения, описывающие трение скольжения и трение качения, являются, в лучшем случае, лишь первым приближением.

Если твёрдое тело не свободно, то, применив принцип освобождаемости от связей, отбросить связи и заменить их действие соответствующими реакциями связей; при этом реакцию неидеальной поверхности следует представить

- либо двумя составляющими – силой $\bar{N}$, направленной по нормали к поверхности контакта и силой трения $\bar{F}_{тр}$, направленной по касательной к ней.

- либо одним вектором $\bar{R}$, направленным под углом трения φ к нормали к поверхности.

Действие на рассматриваемый объект мысленно отброшенной неидеальной поверхности необходимо заменить ее реакцией R (либо ее нормальной и тангенциальной составляющими). Вопрос – в какой точке приложить эти силы? Согласно теории, R (N, $F_{тр}$) должна быть приложена в точке контакта. А как поступить, если тела контактируют не в одной точке, по некоторой площадке? Например, если тело (блок), лежащее на поверхности, имеет форму параллелепипеда заданных размеров (рисунок 1- a).

В этом случае в действительности множество контактных сил (их нормальных и тангенциальных составляющих) распределено по площади соприкасающихся поверхностей (рисунок 1- b). Как правило, это усложняет задачу и решить ее в такой постановке довольно сложно. Более рационально заменить систему распределенных сил эквивалентной ей системой сосредоточенных сил.

В общем случае распределенные контактные силы образуют произвольную пространственную систему сил, и должны быть заменены одной силой и одной парой. Однако, в первом приближении можно считать, что распределенные контактные силы образуют системы параллельных сил, которые могут быть заменены одной силой (равнодействующей), приложенной в некоторой точке (рисунок 1- c) Такое приближение пренебрегает любым сопротивлениям скручиванию вокруг нормали к плоскости контакта.

В случае, если возникает вопрос о влиянии контактных сил на устойчивость блока к опрокидыванию, целесообразно представить реакции неидеальной поверхности в виде системы двух сил, приложенных в углах блока (рисунок 1- d).

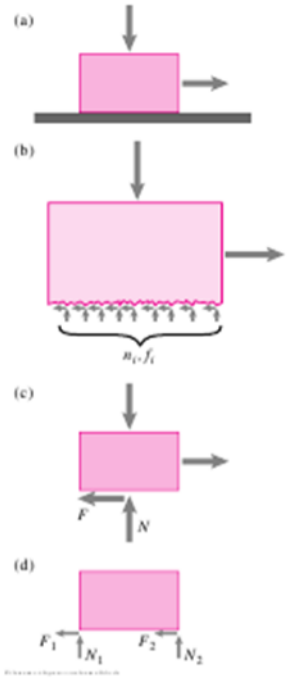


Рисунок 1 – Реакция неидеальной поверхности

Иногда точку приложения равнодействующей реакции неидеальной поверхности (соответственно ее составляющих N и Fтр) называют «центром давления» (рисунок 2). Определение положения этой точки – отдельная проблема.

Пусть однородный блок, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда b*a*c м, покоится на горизонтальной поверхности. Справа к блоку на высоте h от поверхности приложена медленно возрастающая горизонтальная сила P. Найти условия, при которых блок будет находится в покое, если коэффициент трения скольжения между блоком и поверхностью, на которой он стоит, равен f.

Решение:

Рассмотрим блок, находящийся в состоянии покоя. Обозначим действующие на него силы:

Активные:

mg - сила тяжести будет приложена в геометрическом центре блока (т.к. по условию блок А- однородное, симметричное тело)

P – сила бокового давления, действующая справа на высоте b от горизонтальной поверхности параллельно ей.

Реакции связи:

Роль связи в данном случае выполняет горизонтальная шероховатая поверхность. Отбрасывая ее, заменяем ее действие реакцией шероховатой поверхности R, которая отклонена от нормали к поверхности на некоторый угол.

Где расположена точка приложения силы R (центр давления) ? Поскольку блок А в данном случае находится в равновесии под действием трех сил: mg, P и R- линии их действия должны пересекаться в одной точке (см. “теорема о 3-х силах), т.е линия действия R должна проходить через точку K (точка пересечения горизонтальной линии действия силы P и вертикальной линии действия силы mg).Таким образом, очевидно, что точка приложения силы R смещена относительно линии действия mg на некоторое расстояние δ (м).

Из рисунка видно, что действительное распределение давления по нижней поверхности блока, а потому и точка приложения сосредоточенной реакции $\bar{R}$, эквивалентной распределённому давлению, зависит от точки приложения действующей силы $\bar{P}$. Очевидно, что, если давление между нижней поверхностью блока и плоскостью сосредоточено в точке А, брус может опрокинуться. Рассмотрим этот случай подробнее.

Пусть реакция шероховатой поверхности $\bar{R}$ приложена в точке А. При скольжении тела эта реакция должна составлять с вертикалью угол, равный углу статического трения φ. Таким образом, линия действия реакции полностью определена. Продлив линию действия реакции $\bar{R}$ до пересечения с линией действия силы тяжести, получим точку О. Брус находится под действием трёх непараллельных сил, поэтому линия действия силы P так же пройдёт через точку О. Приложенная таким образом сила P создаёт для блока возможность одновременного опрокидывания и скольжения. Из треугольника ОВА (рисунок 2) можно найти значение критической высоты h.

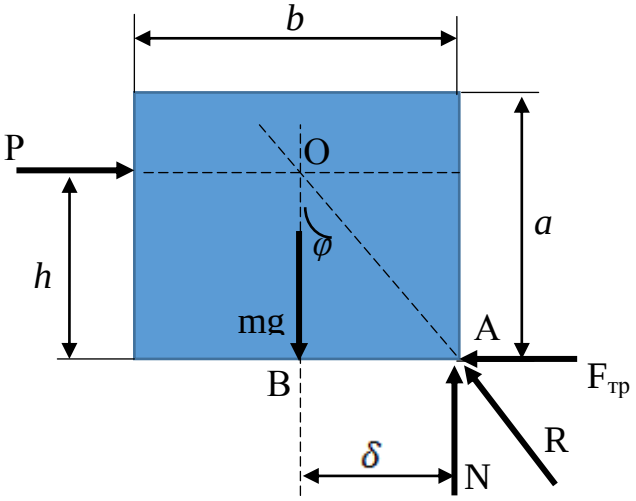


Рисунок 2 – Графический способ определения условий опрокидывания блока.

$$h = \frac{\delta}{tg\varphi} = \frac{\delta}{f} = \frac{b}{2f} \qquad (1)$$

Расстояние δ считать от линии действия силы тяжести, проходящей через центр масс до линии действия силы нормального давления.

Таким образом, если $b > 2fh$ $(h < \frac{b}{2f})$ – блок начнёт скольжение раньше опрокидывания независимо от точки приложения горизонтальной силы P.

Для определения силы P составим аналитические уравнения равновесия:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \quad P - F_{тр} = 0, \text{ откуда } \quad F_{тр} = P \qquad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0; \quad N - mg = 0, \text{ откуда } \quad N = mg \qquad (3)$$

В момент начала скольжения $F_{тр}^{max} = fN$, тогда учитывая уравнение (2) можно записать:

$$F_{тр} = F_{тр}^{max} = P = fN.$$

Таким образом, мы пришли к выводу, что если $b < 2fh$ $(h > \frac{b}{2f})$ – блок опрокинется раньше, чем начнется скольжение.

Еще один момент, на который следует обратить внимание при изложении методики решения задач на равновесие с учетом трения – как правильно направить силу $F_{тр}$ на расчетной схеме? Здесь тоже возможны варианты:

1) если известно направление скольжения (или надвигающегося, возможного скольжения);

2) если тело находится в состоянии равновесия, сила трения неизвестна и подлежит определению наряду с другими реакциями связей.

В первом случае необходимо изобразить силу трения в сторону, противоположную возможному скольжению, и перпендикулярно ей силу нормального давления; либо изобразить одну силу – полную реакцию шероховатой поверхности, – отклонив ее от нормали к поверхности контакта на угол трения в сторону, противоположную возможному движению.

Во втором случае, если тело находится в состоянии равновесия, сила трения неизвестна и подлежит определению наряду с другими реакциями связей. Поэтому на расчетной схеме необходимо нарисовать нормальную силу N и тангенциальную силу F (либо один вектор полной реакции шероховатой поверхности R с неизвестными компонентами).

Если неизвестно, есть скольжение или его нет, сначала необходимо предположить, что проскальзывания нет. Для этого решить уравнения равновесия, затемпроверить условие, что найденное значение силы трения удовлетворяет условию $F \leq F_{max}$. В случае выполнения этого условия, нетрудно догадаться, что направление силы трения указано верно, соответственно и верно найденное решение как для уравнений равновесия, так и для трения.

Если окажется, что $F > F_{max}$ делаем вывод, что неправильно поняли и не угадали направление возможного скольжения. Логично предположить скольжение в противоположном направлении и попытаться решить задачу снова, если в этом случае условие $F \leq F_{max}$ не выполняются – задача не имеет решения.

Рассмотренные примеры демонстрируют большой методический потенциал задач на равновесие и движение твердых тел с учетом трения в процессе формирования инженерного мышления и исследовательских навыков у студентов младших курсов технических направлений подготовки.

Список литературы

1. Дырдина, Е.В.Приближенные методы учета трения в материаловедческих исследованиях. Часть 1. Основы теории трения. Трение скольжения: методические указания / Е.В. Дырдина, В.С. Иванова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 56 с.

2. Дырдина, Е.В.Приближенные методы учета трения в материаловедческих исследованиях. Часть 2. Учет трения при качении. Трение гибкой нити о цилиндрическую поверхность: методические указания / Е.В. Дырдина, В.С. Иванова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 36 с.

3. Тимошенко С. Инженерная механика под редакцией д-ра техн. наук проф. А. Н. Обморшева; Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы – Москва, 1960. – 508 с.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Езерская Е.М., канд. пед. наук, Езерский Д.С.
Оренбургский государственный университет

В настоящее время Россия все более активно включается в процесс внедрения аддитивных технологий (АД) в разные области промышленности. Радует то, что наибольшую заинтересованность в использовании аддитивных процессов с момента их появления проявляет такая наукоемкая и высокотехнологичная область, как авиационно-космическая отрасль, во многом обеспечивающая технологическую независимость и безопасность страны.

К настоящему времени в России АД в основном используются для изготовления моделей, прототипов, отдельных элементов деталей и отдельных запасных частей. По прогнозам, к 2025 году рынок достигнет 25 млрд долларов, и доля России в нем 2%, рисунок 1.

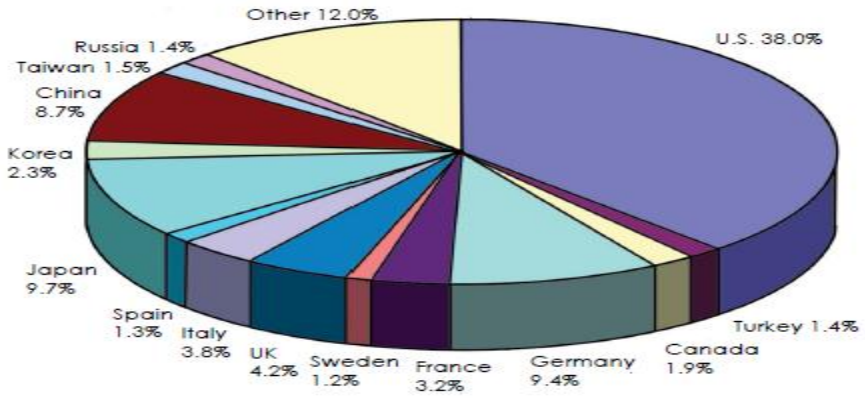


Рисунок 1 – Использование оборудования для аддитивных технологий в мировым технологическим сообществом

Использование аддитивных технологий (АД) в мире также активно растет, что связано с их новыми возможностями для производства, а также быстрым совершенствованием и удешевлением, рисунок 2.

Доступность аддитивных технологийдает возможность наладить производство необходимых деталей на собственных площадках, исключив посредников, поставщиков, риски доставки, сократив себестоимость производства.

Аддитивная технология позволяет получать очень сложные профили фактически без потерь материала, сразу выращивая изделие с такими полостями, которые металлорежущий инструмент просто не может обеспечить.

Рисунок 2 – Прогноз роста мировых объемов продаж и услуг аддитивного производства

Отрасль авиастроения – отрасль промышленности, в которой осуществляются разработка, производство, испытания, ремонт и утилизация авиационной техники. По объёму выпускаемой продукции военного самолётостроения Россия находится на 2-м месте в мире, вертолётостроения – на 3-м месте в мире (6% мирового рынка вертолётов). Авиастроение развито в крупных промышленных центрах. Производство крупных пассажирских самолётов освоено всего несколькими государствами. Самые крупные из них – аэробусы – выпускают компании «Airbus» (ЕС) и «Boeing» (США). Самолёты, рассчитанные на меньшее количество пассажиров, производятся в странах ЕС (компании «ATR» и «Saab AB»), в Канаде («Bombardier»), в Бразилии («Embraer»), в Иране (HESA), Российской Федерации и на Украине – на Харьковском авиазаводе и «Антонове». Таким образом, машиностроение и его отрасль авиастроение относятся к **наукоемким, энергозатратным, материалоемким и трудозатратным отраслям.** [1].

Для этих отраслей остро стоят проблемы сокращения затрат при одновременном повышении эффективности производства, снижении производственных рисков и повышении качества изделий.

В связи с этим D-печать применяется в авиационной промышленности не первый год. Такие авиапроизводители, как, например, Airbus, применяют технологию для изготовления различных компонентов самолетов; количество деталей, которые компания печатает на 3D-принтерах, исчисляется тысячами. В начале этого года был изготовлен первый сертифицированный Федеральным управлением гражданской авиации США конструктивный элемент воздушного судна из титана.

Это событие ознаменовало признание 3D-печати в качестве одной из ключевых производственных технологий в авиастроении. Что касается интерьера салона, то недавно в регионе Ближний Восток и Северная Африка (MNA) для Etihad Airways, второй по величине авиакомпании Объединенных

Арабских Эмиратов, была разработана первая сертифицированная деталь интерьера, изготавливаемая по технологии 3D-печати.

Крупнейшая авиакомпания ОАЭ Emirates не собирается отставать в области аддитивного производства от своего конкурента. В середине ноября 2017 года Emirates объявила, что намерена использовать 3D-принтеры для производства деталей салона самолета, включая кожухи системы видеонаблюдения и решетки вентиляционных отверстий. Последние уже сертифицированы и установлены для проведения бортовых испытаний на самолетах авиакомпании, рисунок 3.

Emirates совместно с 3D Systems готовится к производству кожухов системы видеонаблюдения с использованием технологии селективного лазерного спекания (SLS) и нового материала DuraForm ProX FR1200 Nylon от 3D Systems, который соответствует нормам огнестойкости, принятым в аэрокосмической промышленности для деталей салона, а также стандартам густоты и токсичности дыма AITM. По данным 3D Systems, изделия из этого материала обладают отличным качеством поверхности и удобны в постобработке. На авиашоу в Дубае 3D Systems продемонстрировала материал, а также другие решения для 3D-печати.

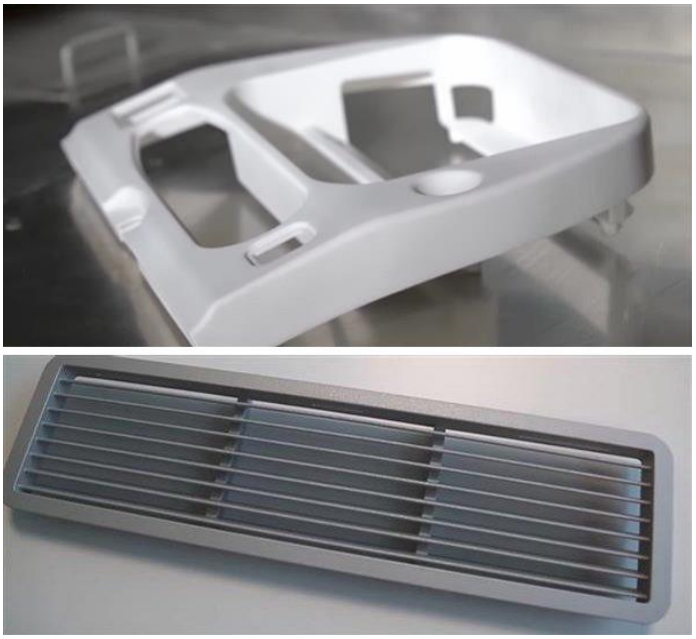


Рисунок 3 –Авиакомпания Emirates применяет 3D-печать для производства кожухов системы видеонаблюдения и решеток вентиляционных отверстий

Emirates совместно с европейской компанией UUDS разработала и изготовила на 3D-принтере решетки вентиляционных отверстий, которые также были созданы с использованием селективного лазерного спекания. Среди причин, по которым было решено применить технологию 3D-печати, авиакомпания указывает на прочность и более низкий вес деталей, напечатанных на 3D-принтере. Изготовленный таким способом кожух

видеомонитора на 9-13% легче аналога, произведенного по традиционной технологии, что может способствовать значительному сокращению расхода топлива и затрат авиакомпании Emirates. Кроме того, 3D-печать позволяет производить детали по мере необходимости, устраняя необходимость в поддержании большого фонда запасных частей или длительном ожидании их поставки [2].

На ряду с зарубежными компаниями активно участвующих в различных исследованиях и реализации продукции при помощи аддитивных технологий, российские научные коллективы кафедры общей физики физико-технического института Томского политехнического университета работают над созданием водородостойких изделий из титановых сплавов. Их проект «Разработка научных основ создания водородостойких изделий из титановых сплавов Ti-6Al-4V, Ti-6.5Al-3.5Mo-1.5Zr-0.3Si с градиентной структурой приповерхностного слоя, изготовленных методом аддитивных технологий» получил грант Российского научного фонда сроком на три года. Работа заключается в поиске и отработке оптимальных технологий 3D-печати изделий из титановых сплавов ВТ6 и ВТ9 с заданными свойствами. Аддитивные технологии в производстве металлических изделий обеспечивают меньший расход материала и возможность получения изделий сложной геометрической формы. Изделия из титана широко применяются в авиастроении благодаря его прочности: в конструкции современного гражданского самолета – 15-20 % титановых деталей. Однако сейчас для производства этих деталей используется традиционное литейное производство. В рамках гранта РНФ физики ТПУ намерены показать возможности, а главное – преимущества производства титановых деталей с использованием передовых аддитивных технологий. В России это достаточно новая технология.

Ученые политехнического института Южно-Уральского государственного университета напечатали на 3D- принтере детали нового бесколлекторного авиадвигателя для авиатехники, где магнит состоит из редкоземельных элементов, а обмотка представляет систему токопроволящих катушек. При поступлении тока в такой мотор возникает движущееся магнитное поле, которое и заставляет крутиться ротор [3].

Российская инжиниринговая компания ООО «НИК» и FIT Additive Manufacturing Group – технологическая инновационная фирма из Германии - объявили о создании совместного предприятия FITNIK Ltd, которое займется разработкой и производством изделий с помощью аддитивных технологий, как для авиационной, так и для других отраслей промышленности. Речь идет об производственном процессе «от проектирования, согласно техническим требованиям клиента, к промышленной реализации, сертификации и пост-производственной поддержке» (пример продукции нового предприятия на рисунках 4 и 5) [4].

Согласно прогнозу консалтинговой компании Gartner, к 2021 году самолеты будут на 75% собраны из элементов, которые напечатаны на 3D-принтере. Ее аналитики утверждают, что именно авиастроение – наиболее

перспективная отрасль, где внедряются аддитивные технологии. Уже сейчас они применяются для печати прототипов и некоторых видов деталей.

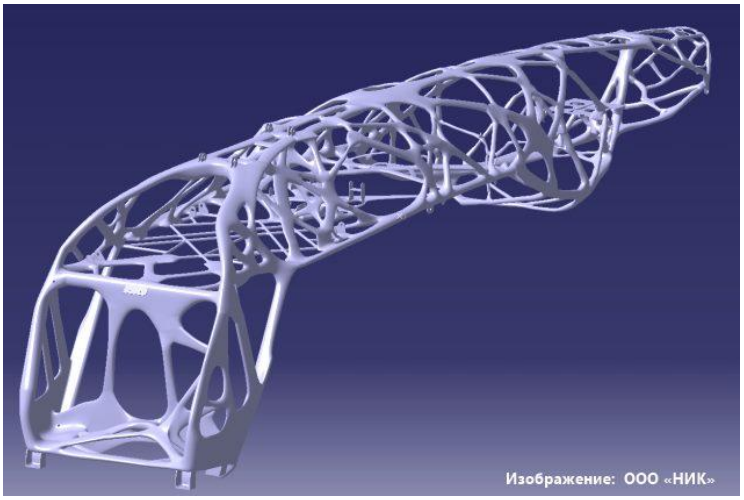


Рисунок 4 – Фрагмент фюзеляжа вертолета с топологической оптимизацией

Рисунок 5 – Облегченная консоль крыла. FITAG

Чем же именно выгодны аддитивные технологии в области авиастроения?

– они помогают сократить время на производство объекта. Напечатать деталь быстрее и проще, чем сделать ее с помощью литья или фрезеровки. К тому же промышленные 3D-принтеры способны создавать разные виды объектов, а значит, все производственные мощности можно сосредоточить в одной локации. Используя принтер для объемной печати, французская

компания Latécoère создала часть самолетной двери за два дня, что на 95% меньше обычного срока;

– устройства для 3D-печати позволяют изготовить из цельного куска материала те детали, которые раньше можно было лишь собрать. Например, компания GE Aviation усовершенствовала форсунки, которые раньше состояли из 20 элементов. С помощью аддитивных технологий детали теперь делают цельнопечатными;

– в авиастроительной отрасли важен вес объектов и их элементов. С помощью 3D-печати детали получаются более легкими (что повышает эффективность их использования). Они делают летательный аппарат меньшим по весу – в итоге он использует значительно меньше топлива;

– объемная печать снижает количество отходов производства на 70–95% процентов.

Как мы видим аддитивные технологии востребованы не только на международном уровне, но и в российском авиастроении. Для развития аддитивных технологий в Российской Федерации разработан «Комплексный план мероприятий по развитию и внедрению аддитивных технологий в Российской Федерации на период 2018–2025 гг.». Документ подготовлен в соответствии с поручением правительства РФ, Военно-промышленной комиссии, Минпромторга России.

Список литературы

1. Белоновская, И.Д. Аддитивные технологии в области машино- и авиастроения [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / И. Д. Белоновская [и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. – 2018.

2. JSC «iQBTechnologies» - АО «АЙКЬЮБ Технологии» : [Электронный ресурс]URL: http://blog.iqb-tech.ru/3d-systems-emirates-case(Дата обращения 12.12.2018).

3. 2014-2019. 3Dpulse.ru - проект группы «Текарт» : [Электронный ресурс] URL: http://www.3dpulse.ru/news/aviatsiya/uchenye-yuurgu-napechatali-na-3d-printere-detali-novogo-aviadvigatelya/ (Дата обращения 25.12.2018).

4. Wanhao Russia - 3D принтеры и комплектующие: [Электронный ресурс] URL: https://wanhaorus.ru/n233819-podmoskove-planiruetsya-pechatat.html (Дата обращения 13.12.2018).

5 Выставка передовых технологий 3D – печати и сканирования : [Электронный ресурс] URL: https://3d-expo.ru/ru/article/kak-primenyaetsya-3d-pechat-v-aviastroitelnoy-otrasli-93171 (Дата обращения 12.12.2018).

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КУРСОВЫХ ПРОЕКТАХ И ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Елагин В.В., канд. техн. наук, доцент,
Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Изучение методики разработки технологических процессов, формирование первичных навыков самостоятельного технологического проектирования – важнейшие цели подготовки обучающихся по направлению 15.03.05 – Конструкторско-Технологическое обеспечение машиностроительных производств. Во многом эти цели достигаются в процессе самостоятельной работы обучающихся над курсовыми проектами по дисциплинам технологического профиля и технологической частью выпускных квалификационных работ (ВКР).

К объективным сложностям обучающихся следует отнести отсутствие формальной методики технологического проектирования. Выполнение многих этапов технологического проектирования носит сложный творческий креативный характер. Зачастую качественный результат может быть получен только при использовании итеративного подхода к проектированию и последовательного приближения к необходимому результату. Безусловно, на таких этапах роль руководителя, а также умение обучающего работать с различными источниками информации многократно возрастает.

Огромный многолетний опыт преподавателей кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и комплексы» осуществления руководства курсовым пректированием позволяет выявит типовые ошибки обучающихся. Обобщение этого опыта помогает совершенствовать различного рода методические указания, способствующие минимизации типовых ошибок. Примером могут являться указания (1), некоторые рекомендации из которых приведены ниже.

И курсовой проект и ВКР начинаются с «Введения».Написать грамотное полноценное введение в самом начале работы практически невозможно. Большую часть этого раздела целесообразно выполнять при завершении работы над ней.

Полноценное введение к ВКР в идеале должно содержать:

1. Актуальность темы ВКР – доказательство важности, значимости, востребованности результатов работы в данный момент.

2. Цель ВКР. Как правило, целью ВКР является получение наиболее эффективного технологического процесса механической обработки детали.

3. Задачи, решаемые в ВКР. Каждый раздел ВКР посвящен решению одной или нескольких задач. Поэтому, формулируя задачи, можно фактически использовать названия разделов пояснительной записки.

4. Методики, используемые в ВКР. Следует указать, какие методики использовались для решения тех или иных задач. 5. Нормативно-правовая база. Важно указать стандарты единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и единой системы технологической документации (ЕСТД), которыми руководствовались при написании ВКР. Можно привести номера лицензий на программные продукты.

Следующим этапом технологического проектирования является «Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению».

При сообщении общего служебного назначения следует избегать фраз типа: «Корпусная деталь используется для закрепления на ней других деталей» или «Кронштейн входит в один из узлов вертолета».

По возможности, следует сообщать реальное служебное назначение детали. В крайнем случае, по согласованию с консультантом – руководителем, можно сформулировать служебное назначение детали в воображаемом узле.

Следует анализировать важнейшие технические требования к детали, исходя из ее служебного назначения. Важно обратить внимание на поверхности, к которым предъявлены особые требования с точки зрения свойств материала.

При работе над разделом «Определение типа производства» тип производства определяется предварительно, поскольку в задании нет базового технологического процесса. Как правило, оно осуществляется по таблицам.

Важно понимать, что определение типа производства не является самоцелью. Целью является определение общей направленности проектирования ТП. Например, при определении мелкосерийного типа производства обучающийся должен понимать, что имеет дело с многономенклатурным гибким автоматизированном производством.

Выполнение раздела «Анализ технологичности конструкции» вызывает у обучающихся существенные трудности. Во-первых, само понятие технологичности является комплексным, неоднозначным, многокритериальным. Очень часто обучающийся заменяет понятие «технологичность» понятием «простота». Это в корне не верно. Во-вторых, для анализа и отработки конструкции на технологичность обучающийся должен иметь глубокие знания о технологическом процессе, который наиболее эффективен для изготовления детали.

В процессе решения этой творческой, неформальной, креативной задачи в максимальной степени должен использоваться ранее накопленный опыт, представленный в различных источниках и опыт руководителя ВКР. На этом этапе возможна коррекция чертежа.

При работе над разделом «Выбор вида исходной заготовки и методов ее изготовления» обучающийся должен выбрать несколько (как минимум два) конкурирующих вариантов исходной заготовки. Анализ ВКР нескольких прошлых лет показывает, что одной из распространенных ошибок является чисто формальный подбор конкурирующих вариантов к основному варианту

заготовки. Следует использовать в качестве альтернативных вариантов действительно реально конкурирующие методы.

Кроме того, от внимания обучающегося не должно ускользать то, что в некоторых случаях более дорогая заготовка предпочтительнее по причине существенного упрощения технологического процесса механической обработки резанием.

В отдельных случаях можно ограничиться одним вариантом заготовки. Это должно сопровождаться доказательством того, что реальных альтернатив в данном случае нет

Наибольшую трудность всегда вызывает работа над разделом «Выбор технологических баз и определение общей последовательности обработки»

Этот этап является самым важным этапом технологического проектирования и носит творческий неформальный характер. Здесь решается двуединая задача – идет выбор технологических баз и формируется общая структура ТП. На этом этапе следует обратить внимание на необходимость обоснования принятых решений. Одной констатации того, что на первой операции в качестве технологических баз используются такие-то поверхности, а на второй – такие-то, недостаточно. Требуется использование аппарата размерных цепей для выявления целесообразного варианта построения ТП.

На этом этапе обосновывается последовательность обработки. В результате его выполнения должна быть предложена структура ТП, состоящего из нескольких операций (как правило, от одной до трех) и схемы базирования детали на этих операциях.

А вот при работе над разделом «Выбор методов и количества переходов для обработки поверхностей детали» больших проблем у обучающихся не возникает. Следует руководствоваться таблицами экономически достижимой точности обработки и типовыми технологическими процессами. При этом, для каждой поверхности, подлежащей обработке, должен быть выбран определенный набор переходов с указанием точности, которая должна достигаться на каждом из них.

Последовательность, в которой рассматриваются поверхности – произвольная. Следует учитывать специфику современных многоцелевых станков с ЧПУ – возможность замены финишных шлифовальных переходов такими, как тонкое точение, фрезерование и растачивание. С помощью этих переходов можно уверенно достигать точность, соответствующую 7 квалитету ISO и шероховатости Ra1.25.

При работе над разделом «Формирование маршрута обработки детали» формируется предварительный маршрут, как рабочий, промежуточный результат (не путать с маршрутным ТП – документом единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП)).

В предыдущем разделе выбраны все переходы для обработки детали. Здесь, в соответствии с ранее намеченной последовательностью обработки детали, эти переходы объединяются в операции. Для этого, безусловно, нужен предварительный выбор компоновки оборудования, которая существенно

определяет тот или иной состав переходов в операции. На этом этапе выбирается не модель, а именно компоновка (тип) оборудования – вертикальный станок с ЧПУ, горизонтальный станок ЧПУ или горизонтальный с глобусным столом с ЧПУ.

При выполнении этого раздела может быть внесена коррекция в два предыдущих раздела. Такая ситуация является нормой. Например – проявляется целесообразность объединения двух операций в одну с переходом на оборудование, имеющее большие технологические возможности.

Важным этапом является работа над разделом «Проектирование технологической операции»

На данном этапе разработки ТП следует осуществить выбор технологического оснащения операции и, прежде всего, оборудования.

Часто встречающейся ошибкой обучающихся является полное игнорирование точностных характеристик станка, что приводит к неточностям в выборе.

Выбор инструментов и вспомогательной оснастки, как правило, осуществляются по каталогам ведущих фирм – производителей. Больших проблем здесь не возникает, однако нужно учитывать параметры конуса шпинделя многоцелевых и параметры резцедержателей для токарных станков.

Предпочтение следует отдавать твердосплавным инструментам с механическим креплением неперетачиваемых пластин.

На данном этапе разработки ТП установочные приспособления подробно не прорабатываются. Чаще всего, достаточно указать тип оснастки, которая используется для сборки установочных приспособлений (комплекты универсально-сборных приспособлений (УСП), универсально-сборной переналаживаемой оснастки (УСПО), сборно-разборных приспособлений (СРП)).

После формирования маршрута обработки выполняется работа над разделом «Размерный анализ ТП»

Как это ни странно, самой распространенной ошибкой при выполнении данного раздела ВКР является непонимание его целей и результатов. В подавляющем большинстве случаев ошибочно считается, что главной целью данного анализа является расчет припусков и межпереходных размеров, хотя это является второстепенной целью.

Главной целью размерного анализа является оценка возможности достижения требуемой точности детали при реализации предлагаемого технологического процесса. Программа АСТРА (Автоматизированная система технологического размерного анализа), которая автоматизирует выполнение размерного анализа, выявляет в проектируемом ТП все случаи смены баз и сопровождает это соответствующими расчетами. В результате дается вывод о возможности или невозможности достижения всех размерных параметров точности детали. Если фиксируется невозможность достижения точности, то требуется внесение изменений в техпроцесс, и (или) точностные параметры заготовки и повторение попытки выполнения расчетов.

Следует добавить, что программа АСТРА помимо заключения о корректности предложенного техпроцесса и межпереходных размеров, включая размеры заготовки, дает максимальные значения припусков для всех переходов. Они используются при расчете режимов резания.

После окончания работы над данным разделом ВКР можно продолжить и завершить проектирование чертежа заготовки.

Затем происходит работа над разделом «Назначение режимов резания»

При выполнении этого раздела ВКР в распоряжении обучающегося есть несколько путей – от использования рекомендованных режимов резания производителями инструментов, приведенных в каталогах, до проведения аналитических расчетов с помощью различных программных продуктов.

Общей закономерностью является то, что режимы резания для станков с ЧПУ, особенно многоцелевых станков с ЧПУ в составе гибких производственных систем (ГПС), в значительной степени ужесточаются в сравнении с использованием обычных станков.

Однако интенсификация режимов резания повышает вероятность хрупкого разрушения твердосплавного инструмента. Устранение последствий выкрашивания пластин требует значительных затрат времени.

Выполнение следующего раздела «Нормирование технологического процесса» не вызывает значительных трудностей. Однако, условия гибкого автоматизированного производства (ГАП) требуют учета некоторых специфических особенностей при расчете норм времени для этого типа производства.

Первой особенностью является разделение вспомогательного времени на две составляющие:

1.$t_{вм}$ – вспомогательное машинное время, то есть вспомогательное время работы станка по управляющей программе. Это время холостых перемещений, замены инструмента, поворота стола и так далее.

2.$t_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с действиями оператора, перекрываемое полностью или частично временем цикла.

В оперативное время следует включать основное машинное время, время вспомогательное машинное и неперекрываемую часть вспомогательного времени, связанного с действиями оператора.

Вторая особенность состоит в том, что дополнительное время, которое в некоторых источниках называется временем на личные потребности оператора, нормируется в исключительных случаях.

Таким образом, рассмотрены все основные этапы разработки технологического процесса. Использование рекомендаций такого типа совместно с собственно методиками технологического проектирования

Позволяет существенно повысить качество курсовых проектов и ВКР.

Список литературы

1 Глинская, Н. Ю. Реализация процедур государственной итоговой аттестации по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-

технологическое обеспечение машиностроительных производств [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / Н. Ю. Глинская, В. В. Елагин; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. технологии машиностроения, металлообраб. станков и комплексов. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.82 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 34 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0

ВОПРОСЫ СИНТЕЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ЗАМКНУТЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХМЕХАНИЗМОВ НА БАЗЕ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ 2K-H

Жамбаулов Р.С.
Оренбургский государственный университет

Существует ряд машин, в частности, техника для коррозионно-механических испытаний, которая предполагает применение приводов медленных перемещений. Одним из вариантов получения медленных перемещений является использование в приводе замкнутых дифференциальных механизмов на базе планетарных передач 2k-H. Эти механизмы могут реализовывать большие передаточные отношения при сравнительно небольших габаритах. Сложность проектирования замкнутых дифференциальных механизмов состоит в том, что их кинематические свойства изучены недостаточно. В данной статье рассматриваются классификации и структурный анализ замкнутых планетарных передач.

Ключевые слова: передаточный механизм, планетарная передача, замкнутый дифференциальный механизм, водило, центральное зубчатое колесо, сателлит.

В настоящее время в инженерной практике имеется ряд технологических машин специального назначения, которые требуют реализации малых скоростей исполнительных органов. Примерами таких машин являются: техника для коррозионно-механических испытаний, механизмы позиционирования приборов и т.п., которые требуют создания новых схем передаточных механизмов, обеспечивающих медленные перемещения рабочих органов с линейными скоростями в пределах $10^{-7}…10^{-8}$ м/с.

Реализация указанных линейных скоростей, кроме привода, составленного из механических передач, может быть возможна при использовании таких приводов, как термомеханический, гидравлический упруго-силовой, магнито-стрикционный и некоторых других. Основными недостатками таких приводов является ограниченный ход исполнительного звена и низкий коэффициент полезного действия.

Известно, что механический привод является одной из основных частей любой машины, которая оказывает существенное влияние на ее габариты и массу. Следовательно, задача минимизации массогабаритных параметров привода является актуальной.

Структурно-кинематический синтез является начальным этапом проектирования любого зубчатого передаточного механизма. При этом для планетарных передач типа 2k-H специально выделяется дополнительный отличительный признак – способ замыкания [1], который будит общие кинематические свойства механизмов с одинаковой схемой замыкания, что существенно упростит синтез замкнутых дифференциальных механизмов.

Для замкнутых дифференциальных механизмов обычно применяют передачи вида 2k-H, имеющие три возможные точки присоединения: 2 центральных (2k) колеса и водило (H). Причем одно из основных звеньев планетарного механизма 2k-H является одним из выходных валов будущей замкнутой передачи, а два других основных звена посредством дополнительных звеньев соединяются со вторым выходным валом. На основании этого можно заключить, что для рассматриваемых замкнутых дифференциальных механизмов возможно два варианта кинематического замыкания, согласно чему предлагается рассматривать два класса этих передач: класс I – когда в механизме замкнуто одно из центральных колес с водилом; класс II – когда в механизме замкнуто два центральных колеса.

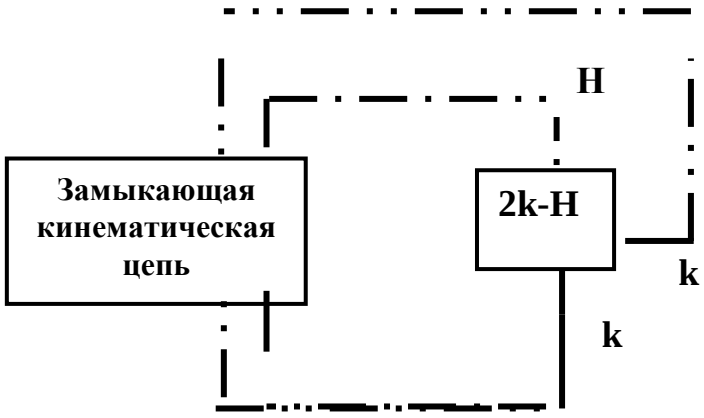


Рисунок 1 – Общая структурная схема замкнутого дифференциального механизма:

— · — - направление замыкания для замкнутых дифференциальных механизмов класса I;

— · · — - направление замыкания для замкнутых дифференциальных механизмов класса II.

Для замкнутых дифференциальных механизмов планетарного типа справедлива формула Виллиса [2] ,на основании которой выведены общие формулы для определения передаточных чисел замкнутого дифференциального механизма отдельно для каждого класса I и II. В классе I ведущим звеном, как правило, является водило H (но не исключено применение в качестве ведущего одного из центральных колес), а ведомым является центральное колесо 3. В классе II ведущим звеном является одно из центральных колес 1, а ведомым – водилоH(но не исключено применение в качестве ведущего одного из центральных колес), а ведомымявляется центральное колесо. В классе II ведущим звеном является одно из центральных колес, а ведомым – водило.

Зависимости для определения передаточных отношений замкнутых дифференциальных механизмов классов I (ι_{H3}) и II (ι_{1H}) представлены ниже:

- класс I: $$\iota_{H3} = \omega_H / \omega_3 = \iota_{13}^{H} \Big/ \left(\iota_{1H}^{ЗАМ} + \iota_{13}^{H} - 1 \right), \qquad (1)$$

-класс II: $\iota_{1H} = \omega_1/\omega_H = (1-\iota_{13}^{H})/(-\iota_{13}^{H}/\iota_{13}^{ЗАМ})$, (2)

здесь ι_{13}^{H} – передаточное отношение планетарной части замкнутого дифференциального механизма между центральными колесами 1 и 3 при неподвижном водиле Н;

$\iota_{1H}^{ЗАМ}$ – передаточное отношение замыкающей части замкнутого дифференциального механизма (в классе I) между центральным колесом 1 и водилом Н при неподвижном центральном колесе 3;

$\iota_{13}^{ЗАМ}$ – передаточное отношение замыкающей части замкнутого дифференциального механизма (в классе II) между центральными колесами 1 и 3 при неподвижном водиле Н.

Анализируя зависимости (1) и (2) можно заключить, что замкнутые дифференциальные механизмы могут обеспечивать большие (более 2500) передаточные отношения при условиях:

- в классе I: $\iota_{1H}^{ЗАМ} \longrightarrow 1-\iota_{1H}^{ЗАМ}$;
- в классе II: $\iota_{13}^{H}\ \iota_{13}^{ЗАМ}$ (но $\iota_{13}^{H} \neq \iota_{13}^{ЗАМ}$), причем $\iota_{13}^{H} \neq 1$ и $\iota_{13}^{ЗАМ} \neq 1$.

Опираясь на формулы (1) и (2) изменяя значения ι_{13}^{H}, $\iota_{1H}^{ЗАМ}$ и $\iota_{13}^{ЗАМ}$, можно осуществлять структурно-кинематический синтез замкнутых дифференциальных механизмов, разработанных на основе планетарных передач типа 2k-H. При этом рекомендуется использовать следующий алгоритм (описан на примере синтеза замкнутого дифференциального механизма класса I в соответствие с рисунком 2).

1. Выбор планетарной передачи в качестве основы для синтеза ЗДМ: выбираем однорядный планетарный механизм ,выполненный по разработанный авторами и в приведенный в работе [2] схеме А (классификация В.Н. Кудрявцева),который является наиболее простым с точки зрения изготовления ,сборки и регулировки;

2. Определения знака передаточного отношения i_{13}^{H}планетарной части синтезируемого механизма: для рассматриваемого механизма передаточное отношение i_{13}^{H} меньше нуля (планетарная передача состоит из одной передачи внешнего и одной передачи внутреннего зацеплений).

3. Определение знака передаточного отношения $i_{13}^{зам}$ замыкающей цепи синтезируемого механизма: для обеспечения больших передаточных отношений ЗДМ передаточное отношений замыкающей части (согласно формуле (3)) должно быть положительным, а знаменатель правой части формулы (3) должен быть близким к нулю, но не равным ему;

4. Определение структуры замыкающей цепи: положительное значение $i_{1H}^{зам}$ получится, если замыкающая цепь состоит из двух передач внешнего зацепления либо из двух внутреннего зацепления (при проектирование механизма остановимся на передачах внешнего зацепления, как более технологичных с точки зрения сборки данного механизма).

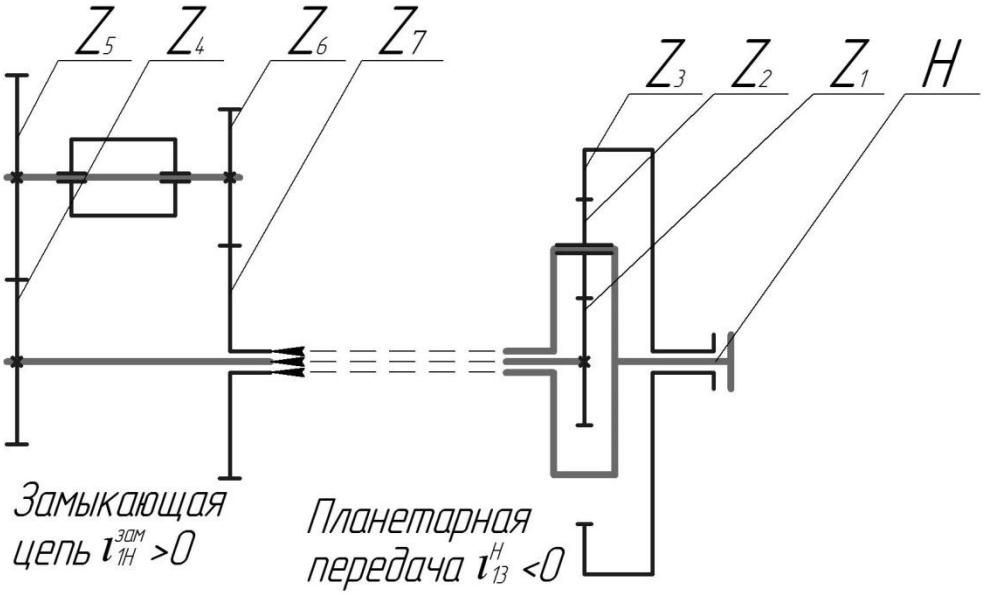


Рисунок 2 – Синтез замкнутого дифференциального механизма, реализующего большие передаточные отношения

Таким образом, введенный дополнительный признак классификации замкнутых дифференциальных механизмов – способ замыкания – позволяет более полно описать синтезируемый механизм, а предложенный алгоритм – производить синтез данных механизмов, причем не только типа 2k-H, но и другие типы, такие, как k-H-V, 3 k и т.д.

Список литературы

1. Фот, А. П. Механизмы с замкнутым дифференциалом: пособие конструктора /А. П. Фот, В. М. Кушнаренко, А. А. Муллабаев, С. Ю. Решетов; под ред. проф. А. П. Фота. – Оренбург : ОГУ, 1997. – 108 с.

2. Планетарные передачи: ссправочник / под ред. В. Н. Кудрявцева, Ю. Н. Кирдяшева. – Л. : Машиностроение, 1977. – 536 с.: ил. – Библиогр.: с. 522-525. – Предм. указ.: с. 526-532.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ, КАК СРЕДСТВО ПРОФОРИЕНТАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Заболотнов Д.А., Жунусова И.Е., Шумилина Н.А.
Оренбургский государственный университет

В настоящий момент помощь в профессиональном самоопределении ведётся достаточно активно. Например, на сайтах университетов дается полный комплект документов, характеризующих то или иное направление подготовки ВУЗа. Но не смотря на это, у аудитории, на которую рассчитаны данные документы, все равно остается масса вопросов, так как вся информация носит официальный характер. В этой ситуации вчерашний школьник не способен выделить интересующую его информацию из официальных документов. Для более взрослой аудитории доступны услуги служб занятости населения.

В учебных организациях понимают важность выбора профессии и устраивают различные мероприятия, направленные на выявление у учеников склонностей и способностей к той или иной профессии. В числе таких мероприятий можно назвать психологические тестирования, экскурсии на предприятия, уроки с презентациями профессий. Таким образом, существует множество способов поддержки профессиональной ориентации. Проводя анализ, можно выделить следующие достоинства и недостатки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ современных способов поддержки профессиональной ориентации

Вид	Достоинства	Недостатки
Профориента-ционные тесты [2, 3]	- бесплатность; - доступность	- недостаточность информации как в плане всего списка доступных школьнику профессий, так и в плане самого описания; - веб-сайты с тестами часто содержат рекламу.
Мультимедийный контент[4].	- доступность информации для детей младшего школьного возраста; - ориентация на младшее поколение; - наглядность информации	- контент, как форма передачи информации профориентационного толка, не подходит возрастным группам населения; - ориентация только на тривиальные профессии, не входящие в более сложные виды профессиональной деятельности.

Школьные уроки по профессиональной ориентации [5]	- учитель знаком с каждым учеником и может давать свои рекомендации адресно; - работа в группе, включающей возможность проведения мозгового штурма; - систематичность занятий	- учитель может не иметь достаточных знаний и навыков для обсуждения высокотехнологичных профессий; - не все ученики заинтересованы в подобных занятиях; - результат профориентационных занятий зависит от технического оснащения
Мобильные приложения / программные средства[6]	- доступность способа, вследствие популярности мобильных приложений; - широкие возможности для внедрения новых функций; -возможности внедрения в учебные заведения; -возможность изменения программы, обновления её под новые потребности пользователя	-зависимость конечного результата от навыков членов команды разработчиков – от программиста до дизайнера; -обязательная коммерциализуемость приложения/программного продукта; - сложность реализации проекта; - часто приложение представляет собой всего лишь версию веб-сайта, содержащим тест на профориентацию.

По результатам анализа можно сделать вывод о перспективности мобильных приложений. Данный вид программного обеспечения занимает одну из лидирующих позиций. Они популярны в первую очередь среди молодежи, которую можно рассматривать как целевую аудиторию профориентационной работы.

На кафедре управления и информатики в технических системах Оренбургского государственного университета разрабатывается проект мобильного приложения «Специалист высоких технологий». Проект планируется реализовать на мобильной платформе под операционной системой Android.

На данный момент результаты проекта по разработке приложения представлены следующей структурой:

Приветственный экран.

Назначение: введение пользователя в функционал приложения. Информация об основных задачах, выполняемых приложением. Приглашение пользователя к началу работы.

Диалог с пользователем об области высоких технологий.

Назначение: выяснить, имеет ли пользователь опыт в какой-либо высокотехнологичной области. В зависимости от ответа, пользователь перемещается на один из следующих двух экранов.

Увлечения пользователя.

Назначение: в случае, если пользователь не имеет опыта в IT-областях, приложение предлагает ему выбрать один из представленных в списке на экране интересов, относящихся к высоким технологиям для определения основания для последующих рекомендаций.

Презентация областей высокотехнологичной сферы.

Назначение: осведомить пользователя об IT-областях. Предлагается ознакомится со списком наиболее популярных высокотехнологичных областей деятельности в современном производстве. Каждая область представляет собой активную ссылку, нажав на которую, пользователь попадет на другой экран с более развернутым описанием и ссылками на нижеописанные экраны.

Список профессий.

Назначение: на этом экране представлен список профессий, связанных с выбранной на предыдущем экране областью высокотехнологичной сферы.

Каждый пункт-профессия содержит следующие подпункты:

1. Требования и обязанности, относящиеся к данной профессии
2. Заработная плата (средние значения по городу, региону, стране, миру).
3. Направления подготовки ВУЗа, которые подходят пользователю в соответствии с выбранной высокотехнологичной областью
4. Профориентационные курсы;
5. Ссылки на сайты ВУЗов.

Направления подготовки имеют четыре своих подпункта: бакалавр, магистр, аспирант и ссылка на сайты ВУЗов.

Назначение: дать более подробную информацию по каждому из пунктов в соответствии с условиями ВУЗа. В разрабатываемом варианте дается ссылка на сайт Оренбургского государственного университета.

Стажировки и тренинги.

Назначение: предоставление информации о возможных стажировках, тренингах, курсах повышения квалификации в соответствии с выбранной областью высоких технологий.

IT-технологии.

Назначение: перечень современных информационных технологий, используемых в производственной сфере. По активной ссылке можно перейти на подробное описание и возможные ссылки, раскрывающие современные возможности рассматриваемого технологического решения в IT-сфере.

Разработанная структура приложения представлена на рисунке 1.

Согласно приведенной выше информации, на сегодняшний день разрабатываются алгоритмы связи элементов структуры приложения «Специалист высоких технологий».

Их назначение: связь интересов пользователя со следующими категориями: 1) высокотехнологичная сфера; 2) профессии; 3) IT-технологии.

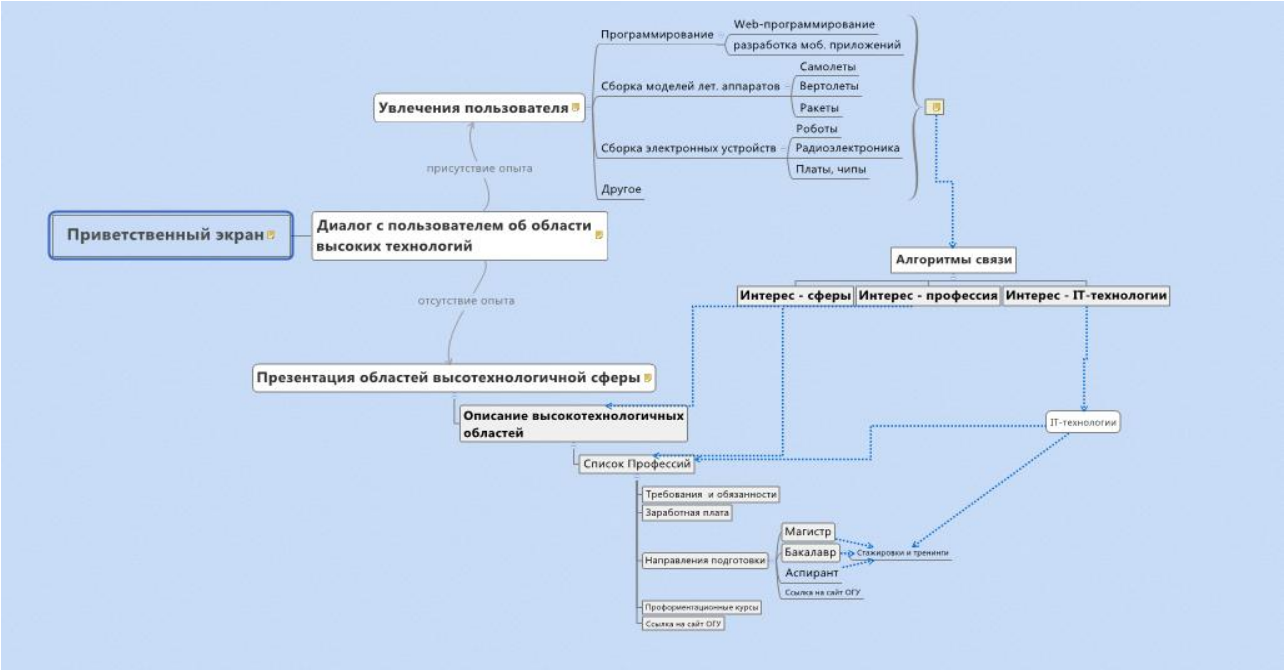


Рисунок 1 - Структура приложения «Специалист высоких технологий»

Функциональные возможности приложения дают возможность получать развернутую справочно-советующую информацию, соответствующую категории пользователя. Главной особенностью данного программного продукта является его ориентированность на IT-профессии. Приложение предназначено для школьников (абитуриентов), обучающихся по программам бакалавриата, магистратуры и специалитета, а так же учащихся колледжей, училищ и для уже дипломированных специалистов, заинтересованных в повышении квалификации.

Для каждой категории пользователей приложение должно выдавать релевантную и развернутую информацию, то есть оно должно учитывать интересы и возможности пользователя в высокотехнологичных сферах на уровне обучения и развития профессиональных навыков. Функциональные возможности представлены на рисунке 2.

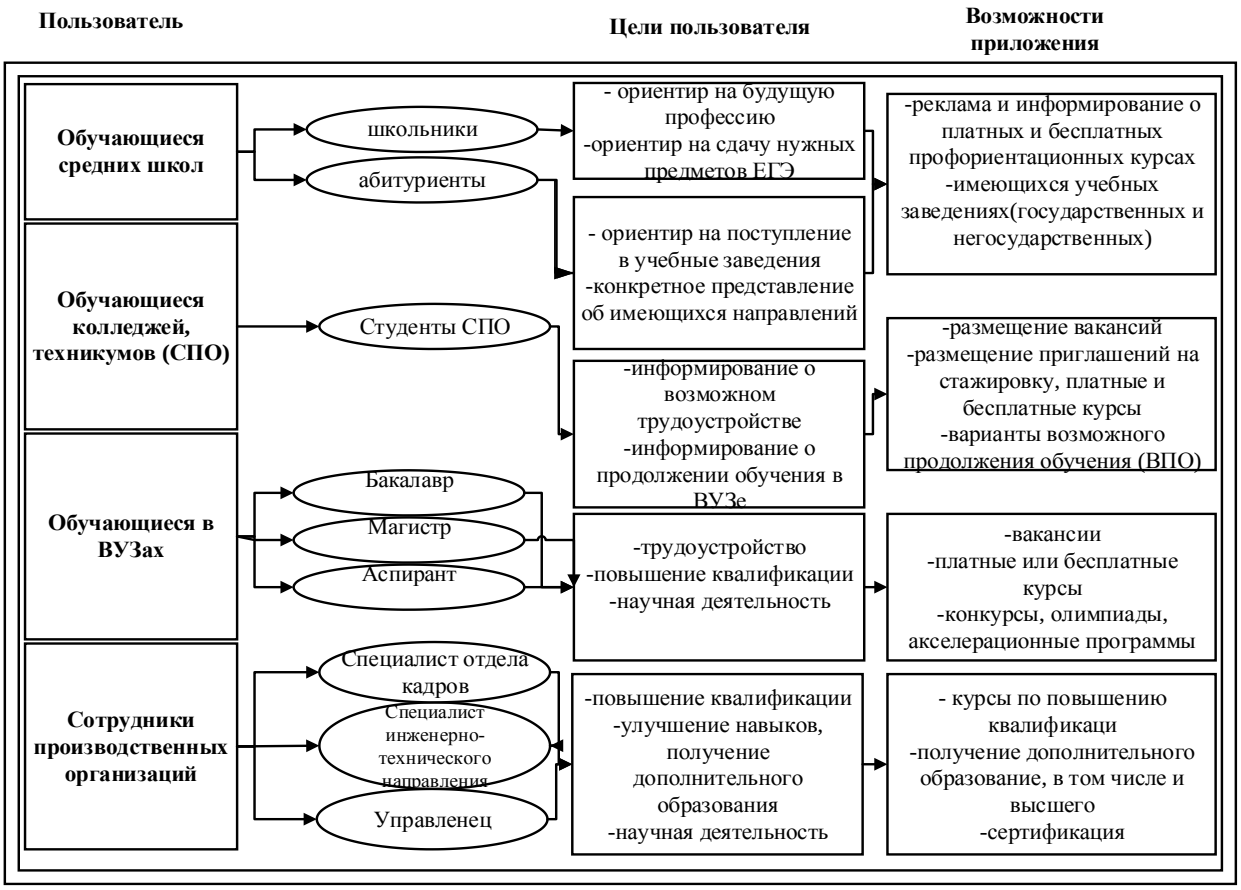


Рисунок 2 – Функциональные возможности приложения «Специалист высоких технологий»

Рассмотрим конкретнее, какая информация будет доступна для каждой категории пользователей:

1. Школьники: ориентир на будущую профессию посредством вопросов, предусмотренных в приложении; ориентация на сдачу нужных предметов ЕГЭ, соответствующие интересующей школьника специальности.

1.1 Абитуриенты: ориентация на конкретные ВУЗы и те направления подготовки, в которых заинтересован будущий студент; представление о направлениях подготовки, специальностях; информация о примерной заработной плате при работе по данной специальности; знакомство с учебным планом бакалавриата, магистратуры, специалитета.

IT-сферы: реклама и информирование о платных и бесплатных профориентационных курсах; о программах стажировок; программах, дополнительном образовании.

2. Обучающиеся колледжей: информирование о возможном трудоустройстве; информирование о продолжении обучения в вузе; информация о примерной заработной плате при работе по данной специальности; знакомство с учебным планом бакалавриата, магистратуры, специалитета.

IT-сфера: размещение вакансий; размещение приглашений на стажировку; платные и бесплатные курсы; тренинги и семинары IT-компаний.

3. Студенты (бакалавры, магистранты, аспиранты): возможности будущего трудоустройства (заработная плата); направления научной деятельности.
IT-сфера: вакансии на работу по специальности; предложения о платных и бесплатных курсах, конкурсах, олимпиадах, грантах, конференция и т.д.

4. Сотрудники производства (дипломированные специалисты): информация о курсах повышения квалификации; о получении дополнительного образования; о научной деятельности в рамках специальности. IT-сфера**:** инновационные проекты, сертификация IT- профессионалов.

Внедрение предлагаемого мобильного приложения, с позиции профориентационной деятельности, систематизирует информационный поток, создаваемый образовательными учреждениями и IT- компаниями, заинтересованными в развитии высокотехнологичных отраслей. При внедрении в образовательную среду ВУЗов, ведущих подготовку учащихся в сфере высоких технологий, позволит всем участникам образовательного процесса поддерживать активную позицию по развитию компетенций профессионального уровня.

Список литературы

1. Профориентационный веб-сайт «proforientatsia.ru».
− Режим доступа: https://proforientatsia.ru/career-guidance/neobhodimost-i-aktualnost-proforientatsii/
2. «Центр тестирования и развития».
− Режим доступа: https://proforientator.ru/tests/
3. Тутубалина Н.В. «Твоя будущая профессия: сборник тестов по профессиональной ориентации». Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 288 с. — (Библиотека выпускника). — ISBN 5-222-07144-8.
4. «НАВИГАТУМ игровые профориентационные материалы» – канал видеохостинга YouTube. − Режим доступа: https://www.youtube.com/NavigatumRu
5. Образовательная площадка Multiurok.
− Режим доступа: https://multiurok.ru/files/proghramma-po-proforiientatsii-vybor-profiessii-di.html
6. Онлайн-платформа обмена знаниями и навыками в сфере информационных технологий «It-волонтёр».
− Режим доступа: https://itv.te-st.ru/tasks/mobilnoe-prilozhenie-dlya-nko-proforientatsiya-detej/

АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ ЗАКЛЕПОЧНЫХ И БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАГИСТРАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Кабанов А.А., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Одной из проблем парка авиационной техники (АТ) в мировом и отечественном авиастроение стала диагностика коррозии и усталостных разрушений. Наиболее вероятные места возникновения разрушений, трещин и изломов – напряжение в заклепочных и болтовых соединениях. Появление усталостных разрушений обусловлена процессами эксплуатации АТ в условиях ограниченных расходов на проведение технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) экземпляра воздушного судна (ВС), а также переход от ремонта по наработки к ремонту ВС по фактическому техническому состоянию. Задача фактического ремонта заключается не только в восстановлении поврежденных элементов конструкции, но и в предупреждении и уменьшении усталостных повреждений на всех стадиях жизненного цикла ВС. При любом ремонте технические характеристики отремонтированных составных частей и в целом ВС должны обеспечивать его надежную и безопасную работу. Ремонт ВС осуществляется по фактическому техническому состоянию. Для этого создаются центры технического обслуживания и ремонта.

В настоящие время не разработан более эффективный метод физического контроля, позволяющий своевременно выявить неисправность элементов конструкций, таких как болтовые и заклепочные соединения [1, 3]. Большинство причин повреждений носит случайный характер, то есть вызывает усталостное повреждение только отдельных соединений из большого количества одновременно эксплуатирующийся на данном ВС. Задача усложняется тем, что количество заклепок в конструкции ВС исчисляется миллионными штук, а болтовых – сотнями тысячами штук. Единственной гарантией отсутствия разрушений при эксплуатации по состоянию является их своевременное выявление физическими методами вовремя проведения диагностических работ.

В современных ВС в неразборных соединений широко применяют заклепочно-болтовое соединения, которые различают по типам, диаметром и материалам. Они используются в качестве крепежного элемента, соединяющего несколько деталей узла.

Метод сборки обуславливается комплексом факторов, зависящих от конструктивно-техногогических характеристик объектов сборки. Выделяют следующие виды факторов, определяющие ресурс заклепочно-болтовых соединений [2]:

1.Конструктивные:

- сопротивление усталости материалов;
- геометрическая характеристика швов;

- величина осевого и радиального натяга;
- степень точности расчётов на прочность.

2. Технологические:
- точность выполнения отверстий;
- качество поверхностного слоя отверстий;
- степень точности выполнения заданных осевых и радиальных натягов;
- состояние контактных поверхностей.

3. Эксплуатационные:
- интенсивность внешних нагрузок;
- условия эксплуатации;
- качество обслуживания.

Также следует отметить, что основой процент всех усталостных разрушений ВС начинаются в районе соединений. Причиной этого служит работа конструкций в условиях, значительно отличающихся от расчетных. Чаще всего при расчёте соединений пренебрегают напряжениями от местного изгиба, связанного с эксцентриситетом. Снижение ресурса конструкции в местах соединений вызывают различные виды коррозии (рис. 1,2).

Рис.1. Расслаивающая коррозия балки в районе узла навески лонжерона.

Рис.2. Коррозия заклепочного соединения.

В настоящие время не полностью решена проблема контроля болтовых и заклепочных соединений ЛА по техническому состоянию физическими методами и средствами неразрушающего контроля в процессе ремонта и обслуживания ВС, что не позволяет осуществлять следующее:

-проектировать оптимальную технологию ремонта ЛА;

-продлевать ресурсы элементов ЛА;

-определение деформации и напряжение в заклепочных и болтовых соединениях конструкций ЛА;

-влияние величины натяга на напряжение заклепочного соединения;

-исследование соединений на усталость.

Правильный контроль болтовых и заклепочных соединений ЛА по техническому состоянию физическими методами, позволит обеспечить долговечность конструкции в зоне соединений.

Список литературы

1. Комаров Ю.Ю. Основы технологии производства летательных аппаратов: учебное пособие - Москва, 2009. - 199 с.

2. Лысенко Ю.Д. Механизация и автоматизация сборочно-клепальных работ на базе машин импульсного действия: учеб. пособие / Ю.Д. Лысенко, В.А. Звягинцев. - Самара: Изд-во Самара, гос. аэрокосм, ун-та, 2007. - 76 с.

3. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. М.: Транспорт, 1980. – 277 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАСТРОЕНИИ

Калинина И.С., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

Развитие авиационной промышленности в Российской Федерации и проектирование такой наукоемкой продукции, как авиационная техника, требует широкого комплекса исследований и разработок, направленных на создание и внедрение инновационных наукоемких продуктов и услуг, способных повлиять на физическую доступность авиационного транспорта, снижение себестоимости и повышение качества авиаперевозок. Продвижение перспективной отечественной техники на рынки авиационных перевозок обеспечивается конкурентоспособностью предложения, которое должно соответствовать требованиям, предъявляемым к авиатранспортной системе в целом и к каждому из трех её основных элементов в отдельности.

Обеспечение конкурентоспособности авиационной техники, в свою очередь, требует системных мер, затрагивающих все стадии её жизненного цикла: от маркетинговых исследований до реализации и эксплуатации. В рамках технологической платформы «Авиационная мобильность и авиационные технологии» [1] предлагается сформировать комплексы технологий, относящиеся к созданию и последующим фазам жизненного цикла (исследования, конструирование, производство, эксплуатация, утилизация) авиационной техники.

Одно из перспективных направлений в производстве изделий различного назначения, привлекающее внимание исследователей и производителей авиационного и оборонного сектора — аддитивные технологии.Аддитивные технологии (англ. Additive Manufacturing) — это послойное наращивание и синтез объекта по его объемной (3D) модели без использования станков с ЧПУ. Изобретателем первой коммерческой технологии быстрого прототипирования является Чарльз Халл, сконструировавший первый стереолитографический трехмерный принтер. Первый патент «Аппарат для создания трехмерных объектов с помощью стереолитографии» был зарегистрирован им 8 августа 1984 года в США.

В настоящий момент аддитивные технологии (или 3D-печать) широко используются в потребительском секторе и являются основой для многих стартапов — компаний, созданных для поиска воспроизводимой и масштабируемой бизнес-модели (компании «3DPrintUK» (SLS-технология), «Sculpteo» (облачная система для 3D-печати), «Shapeways» (рынок товаров, созданных дизайнерами и произведенных с помощью 3D-печати)). В медицинской практике используются индивидуальные импланты, изготовленные с помощью объемного сканирования и аддитивных технологий (в стоматологии при имплантации нижней челюсти (компания «CRIQ», Квебек), имплантации аортального клапана (Гарвардский университет),

реконструкции черепной коробки (Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России)) [2].

Использование же аддитивных технологий и объемного сканирования на сегодняшний день востребовано и в области авиастроения, но в России развивается более медленными темпами, чем в странах Западной Европы и США. Тем не менее, положительный опыт изготовления отдельных изделий методами последовательного наслоения или спекания материала ложится в основу дальнейших исследований и разработок в этой сфере. Например, специалистами Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) методом аддитивных технологий из российской металлопорошковой композиции был изготовлен завихритель фронтового устройства камеры сгорания (КС) для двигателя ПД-14, предназначенного для перспективных российских среднемагистральных самолетов МС-21, рисунок 1. [3]. Данный двигатель уже получил сертификат типа Росавиации и готов к эксплуатации.

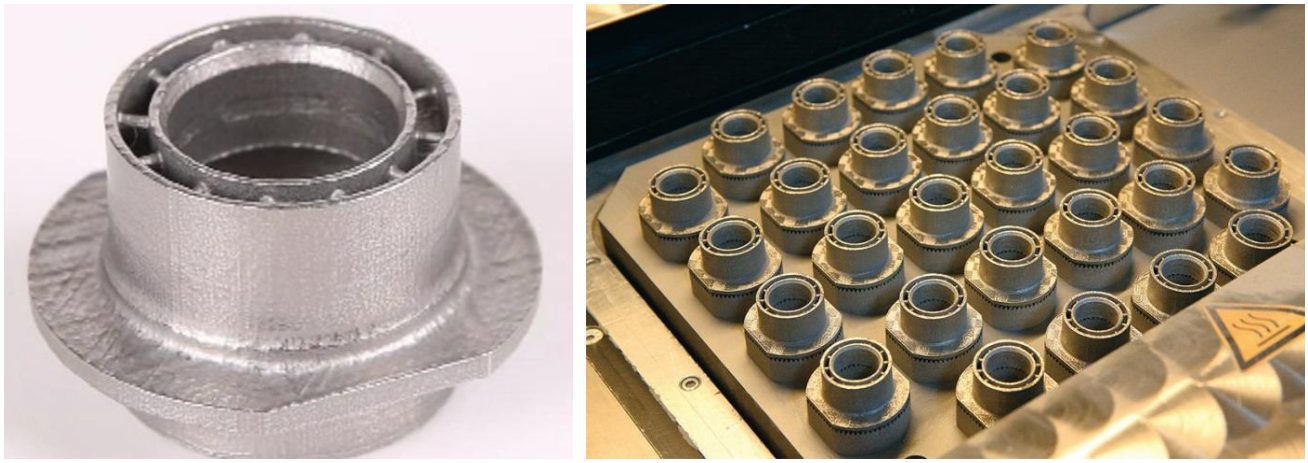
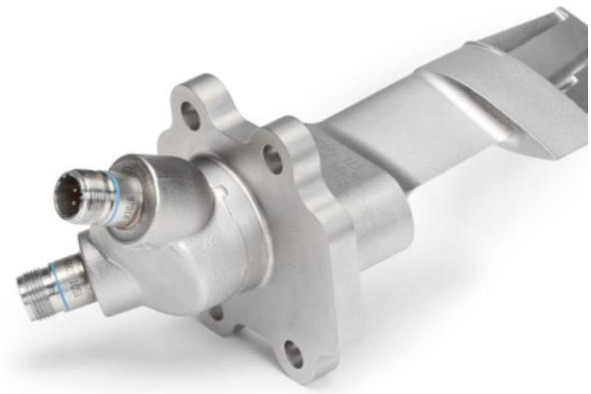


Рисунок 1 – Завихритель фронтового устройства КС для двигателя ПД-14

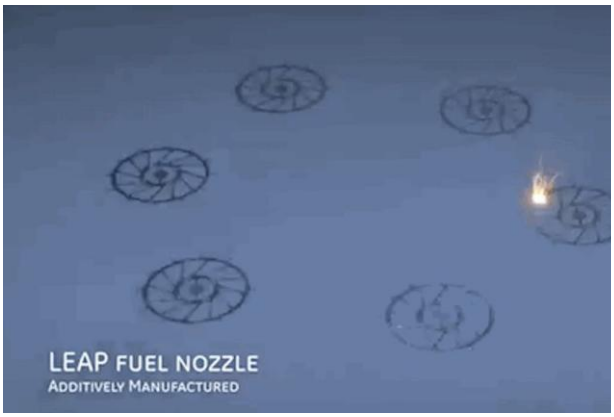
Российское предприятие «ОДК-Сатурн», г. Рыбинск, внедрил единый цикл проектирования деталей под аддитивное производство, позволяющий сократить сроки разработки и внедрения в конструкторскую документацию новых конструкций деталей и узлов при разработке перспективных газотурбинных двигателей. Используется вышеупомянутая, разработанная совместно с ВИАМ металлопорошковая композиция жаропрочного кобальтового сплава российского производства для изготовления элементов камер сгорания газотурбинных двигателей большой мощности, что является важным шагом на пути импортозамещения и внедрения аддитивного производства в российское двигателестроение.

Американская компания «GE Aviation» использует аддитивные технологии для производства деталей авиадвигателя GE90 (например, корпус температурного датчика T25 на входном устройстве компрессора), рисунок 2. Датчик изготовляется из кобальт-хромового мелкодисперсного порошка методом лазерного спекания. По словам производителей, с помощью 3D-

технологий планируется изготавливать также топливные форсунки для двигателя GE9X нового самолета Boeing 777X, отказавшись от традиционной технологии изготовления деталей литьем [4, 5].



а) корпус температурного датчика



б) изготовление топливных Форсунок

Рисунок 2 – Производство деталей авиадвигателя GE90 с помощью аддитивных технологий

Помимо применения аддитивных технологий в производстве ответственных деталей двигателей и силовых конструкций, 3D-печать широко используется для изготовления деталей салона пассажирских самолетов. Например, компания «Emirates» совместно с «UUDS» разработала и изготовила на 3D-принтере решетки вентиляционных отверстий, которые также были созданы с использованием селективного лазерного спекания, что позволяет получить более высокую прочность и более низкий вес деталей, что способствует сокращению расхода топлива и затрат авиакомпании. [6]

Аддитивные технологии позволяют получать более легкие и прочные детали за более короткий промежуток времени, чем при традиционных способах изготовления деталей, а иногда и заменять одной деталью целый узел.

9 ноября 2018 года подписано соглашение о стратегическом сотрудничестве между ВИАМ и пекинской компанией «AVIC Manufacturing Technology Institute» (AVIC MTI) по направлениям различных сплавов, металлопорошковых композиций жаропрочных сплавов, а также оборудования для аддитивных технологий [7].

В Перми на ОАО «Авиадвигатель» производится восстановление гребешков бандажных полок лопаток ГТД по методу «direct deposition» (прямое нанесение металла) после оцифровки восстанавливаемого места лопатки с помощью 3D-сканера, рисунок 3 [8].

Рисунок 3 – Процесс лазерной газопорошковой наплавки и внешний вид восстановленных крайних гребешков

Несмотря на достигнутые успехи, существуют и актуальные проблемы при внедрении аддитивных технологий в производство изделий авиационной и ракетно-космической техники:

– получение качественных российских металлопорошковых композиций;

– отработка режимов их использования и окончательное уточнение их состава;

– сертификация процесса производства на основе аддитивных технологий;

– подготовка специалистов в области материалов, проектирования и технологии аддитивного производства.

Решение такого спектра проблем возможно только с помощью комплексных мер, касающихся развития поддержки инжиниринговых центров, подготовки и переподготовки кадров, разработки нормативной документации, регламентирующей требования к материалу, условиям производства, самим деталям и оборудованию. Возможностью вывода российской продукции, произведенной с помощью 3D-технологий, на международный рынок является сотрудничество с международными комитетами по аддитивным технологиям, например, с GARPA — Global Alliance of Rapid Prototyping Associations, (в него входит 22 национальных альянса по всему миру), имеющим свои нормативные документы и совершающим обмен результатами исследований, 3D-моделями между альянсами в рамках сотрудничества [8].

На сегодняшний момент решение этих проблем частично предусмотрено программой импортозамещения, например, компания «UMATEX» прошла в Объединенной авиастроительной корпорации тестирование своих композитных материалов для самолетов и рассчитывает в ближайшие годы пройти их квалификацию, чтобы начать промышленное импортозамещающее производство этих материалов.

Список литературы

1. Технологическая платформа «Авиационная мобильность и авиационные технологии»: [Электронный ресурс] // Ассоциация организаций по содействию авиационному развитию «Технологическая платформа «Авиационная мобильность и авиационные технологии». URL: https://aviatp.ru/commplatform. (Дата обращения 13.12.2018).

2. Нейрохирурги Федерального Сибирского научно-клинического центра провели краниопластику с использованием 3D-печатного имплантата: [Электронный ресурс] // 3Dpulse. 2014 – 2018. URL: http://www.3dpulse.ru/news/meditsina/ (Дата обращения 13.12.2018).

3. Инновации для двигателестроения: [Электронный ресурс] // ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ). URL: https://viam.ru/news/2073. (Датаобращения 13.12.2018).

4. GE Aviation's First Additive Manufactured Part Takes Off on a GE90 Engine: [Электронныйресурс] // GE, 2018. URL: https://www.geaviation.com/press-release/ge90-engine-family/ge-aviation%E2%80%99s-first-additive-manufactured-part-takes-ge90-engine (Дата обращения 13.12.2018).

5. GE announces first FAA approved 3D-printed engine part: [Электронныйресурс] // New Atlas, 2018. URL: https://newatlas.com/ge-faa-3d-printing-aircraft-engine-part/37018/ (Дата обращения 13.12.2018).

6. Emirates Airline Debuts New 3D Printed Interior Cabin Components: [Электронныйресурс] // 3Dprint.com, 2018. URL: https://3dprint.com/194470/emirates-3d-printed-components/ (Дата обращения 13.12.2018).

7. ВИАМ подписал соглашение о сотрудничестве с AVIC MTI: [Электронный ресурс] //Портал машиностроения, 2018. URL: http://www.mashportal.ru/company_news-48690.aspx (Дата обращения 13.12.2018).

8. Евгенов А.Г., Щербаков С.И., Рогалев М.А. Опробование порошков жаропрочных сплавов ЭП718 и ЭП648 производства ФГУП «ВИАМ» для ремонта деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки: // Авиационные материалы и технологии. 2016. №S1 (43). URL: http://journal.viam.ru/download/36d95dad54ce89bd166ee5634d4f3770/2016_S1_3.pdf (Дата обращения 13.12.2018).

9. Global Alliance of Rapid Prototyping Associations (GARPA): [Электронныйресурс] // Wohlers Associates, 2018. URL: https://wohlersassociates.com/GARPA.html (Дата обращения 13.12.2018).

ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА

Каменев С. В., канд. техн. наук, Искандаров В. З.
Оренбургский государственный университет

Одним из основных факторов, определяющих срок службы деталей машин и различного технологического оборудования, является их износ. Металлические детали часто выходят из строя до окончания своего запланированного срока службы не из-за поломки, а из-за их изнашивания, которое приводит к нарушению их размеров и функциональности. Под износом понимается постепенное удаление материала с рабочих поверхностей деталей, являющееся результатом их относительного движения. Существуют различные виды износа, но наиболее распространенными видами являются абразивный, ударный, адгезионный (металлический) и коррозионный износ. Большинство деталей выходят из строя не по причине единственного вида износа, а по причине их комбинаций, например, абразивного и ударного, абразивного и адгезионного и т.п. Удельный вес различных видов износа в общем балансе износа деталей машин показан на рисунке (рисунок 1а).

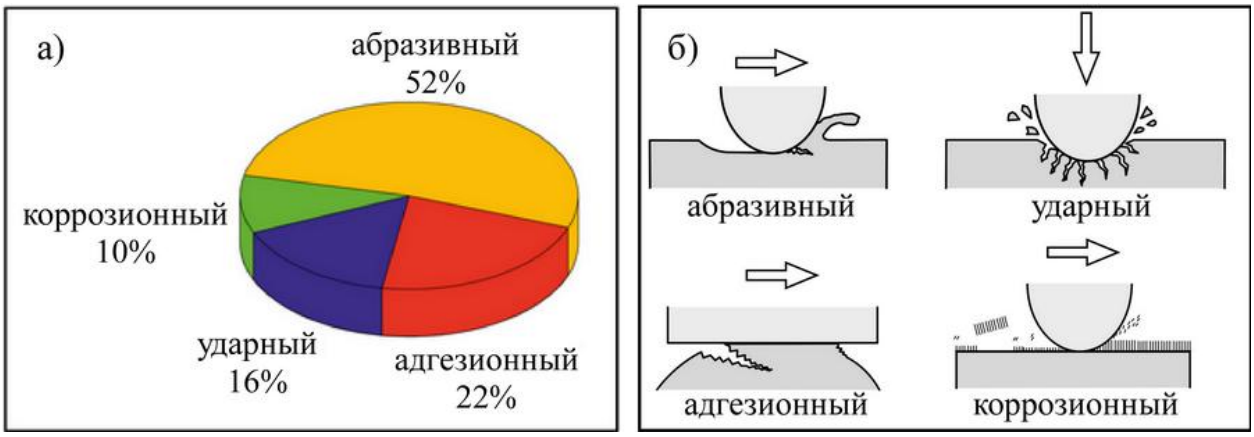


Рисунок 1 – Удельные доли различных видов износа в промышленности

Абразивный износ происходит, когда одна нагруженная поверхность перемещается относительно другой при наличии наклонной или криволинейной области контакта. В этом случае возникает эффект строгания, который приводит к удалению некоторого объема материала с менее твердой поверхности и образованию на ней канавок износа.

Ударный износ является следствием повторяющегося соударения деталей, приводящего к сплющиванию, выдалбливанию и растрескиванию их поверхностей. Интенсивность ударного износа зависит от ударной вязкости взаимодействующих материалов, под которой понимается способность

материалов накапливать энергию перед своим разрушением путем пластического деформирования.

Адгезионный износ происходит при скользящем контакте двух металлических поверхностей, находящихся под нагрузкой в условиях сухого или полусухого трения. Он является результатом схватывания (холодного сваривания) металлических поверхностей, приводящего к значительному пластическому деформированию зоны контакта и ее постепенному разрушению с откалыванием частиц материала.

Коррозионный износ имеет место при относительном скольжении поверхностей, находящихся в агрессивных средах как результат их химического и электрохимического взаимодействия. Это взаимодействие приводит к преобразованию поверхностных слоев в различные продукты реакций, частицы которых постепенно удаляются из зоны контакта при движении сопряженных поверхностей.

Схемы образования различных видов износа показаны на рисунке 1б. Комбинации указанных видов износа могут приводить к значительным повреждениям деталей при эксплуатации и их преждевременному выходу из строя. В связи с этим на протяжении многих лет ведутся исследования в области разработки методов повышения износостойкости деталей и восстановления изношенных деталей. Одним из таких наиболее распространенных методов является наплавка.

Наплавка представляет собой метод осаждения слоев специальных износостойких сплавов на металлические поверхности деталей для повышения сопротивляемости истиранию, коррозии, высоким температурам, адгезии и ударам, а также их различным комбинациям. Несмотря на то, что в настоящее время наплавка используется, преимущественно, для восстановления изношенных деталей (рисунок 2), она также применяется и для новых изделий перед их вводом в эксплуатацию.

Рисунок 2 – Пример восстановления поврежденного изделия методом наплавки

В современной промышленности наплавка используется для:

1) сокращения затрат – наплавка изношенных деталей до состояния «как новые» обычно экономит 25-75% стоимости замены деталей;

2) увеличения срока службы деталей – наплавка продлевает срок службы деталей от 30 до 300 раз (в зависимости от особенностей эксплуатации) по сравнению с ненаплавленными деталями;

3) сокращения времени простоев оборудования – детали с увеличенным сроком службы требуют меньшего числа отключений оборудования для их замены;

4) уменьшения площади складских помещений под запасные детали – потребность в большом количестве запасных деталей просто отпадает при наличии возможности восстановления изношенных деталей.

На практике наплавка может осуществляться с использованием различных сварочных процессов, выбор которых зависит от ряда факторов, таких как функциональное назначение наплавляемой детали, химического состава ее металла, размеров и формы детали, доступности сварочного оборудования, состояние поверхностей изношенной детали, числа одинаковых элементов, подлежащих наплавке и т.д. Существующие процессы, используемые для наплавки, могут быть сгруппированы следующим образом:

- наплавка дуговой сваркой – дуговая сварка покрытым электродом, дуговая сварка порошковой проволокой, дуговая сварка под флюсом;
- наплавка газовой сваркой – ацетиленокислородная сварка;
- наплавка комбинацией дуговой и газовой сварки – дуговая сварка неплавящимся электродом, дуговая сварка в защитных газах;
- порошковое напыление – газопламенное напыление, высокоскоростное газопламенное напыление, электродуговое напыление, напыление плазменной дугой;
- лазерная наплавка.

В настоящее время для наплавки применяется множество различных сплавов, которые подразделяются на следующие четыре категории:

1) низколегированные железоуглеродистые сплавы, содержащие до 12 % легирующих компонентов обычно в виде хрома, молибдена и марганца;

2) высоколегированные железоуглеродистые сплавы, содержащие от 12 % до 50 % легирующих добавок, где помимо хрома, присутствующего во всех наплавляемых железоуглеродистых сплавах, может также содержаться никель или кобальт;

3) сплавы на основе кобальта и никеля, которые содержат относительно небольшое количество железа (от 1,3 % до 12,5 %). К наиболее дорогим, но в тоже время наиболее универсальным из них, относятся кобальто-хромо-вольфрамовые сплавы. Все сплавы на кобальтовой и никелевой основе обладают высокой коррозионной устойчивостью и низким коэффициентом трения, что делает их особенно полезными в условиях адгезионного износа, кроме того, на эти сплавы почти всегда падает выбор в условиях работы при повышенных температурах от 550°С и выше;

4) материалы на основе карбида вольфрама. Карбид вольфрама является

одним из самых твердых материалов, применяемых в промышленности. В связи с тем, что он имеет очень высокую температуру плавления, при наплавке он измельчается в порошок и наплавляется в смеси с порошком «связующего» металла с более низкой температурой плавления. Обычно частицы карбида вольфрама, используемые для наплавки, запаиваются в полые стальные стержни.

Выбор материала для наплавки зависит от:

- металла восстанавливаемой или улучшаемой детали, которым, как правило, являются стали, подразделяемые на низкоуглеродистые и низколегированные, среднеуглеродистые, высокоуглеродистые и нержавеющие стали;
- типа износа и состояния наплавляемой поверхности;
- предполагаемого метода наплавки.

Независимо от вида наплавляемого материала и метода его наплавки процедура его осаждения на поверхность детали требует выполнения ряда этапов, к которым относятся:

- подготовка поверхности, заключающаяся в ее очистке металлической щеткой, абразивом или растворителем от грязи, масел, ржавчины и т.д.;
- позиционирование наплавляемой детали, которое заключается в ее расположении таким образом, чтобы наплавляемая поверхность располагалась горизонтально либо под небольшим углом к горизонтали;
- предварительный нагрев поверхности, который способствует:

а) снижению вероятности образования трещин;

б) уменьшению остаточных напряжений и деформаций;

в) уменьшению пористости наплавленного слоя;

г) улучшению микроструктуры наплавленного слоя;

- создание «буферного» слоя, под которым понимается промежуточный слой между основным и наплавляемым материалом, «разбавляющего» содержание углерода и легирующих добавок в основном металле, что способствует улучшению качества наплавки;
- выбор способа ограничения температурных деформаций, которым может быть:

а) использование наплавляемых материалов, которые способствуют снятию напряженного-деформированного состояния сварочного шва путем образования микротрещин при его охлаждении;

б) фиксация деталей в определенном положении;

в) предварительная деформация детали в направлении, противоположном тому, в котором ожидается температурная деформация детали;

г) регулирование режима предварительного нагрева;

д) использование правильной последовательности наплавки;

- выбор метода контроля разбавления наплавляемого металла, под которым понимается изменение его химического состава, которое вызывается смешиванием с основным металлом или металлом ранее наплавленных слоев и зависит от ряда факторов, таких как:

а) скорость наплавления;

б) сварочный ток;

в) температура предварительного нагрева;

г) положение наплавляемой поверхности;

д) метод наплавки и т.д.;

- собственно осаждение (наплавка) металла, которое может осуществляться одним из трех основных методов, которыми являются:

а) осаждение сплошным слоем, используемое для восстановления деталей, подверженных интенсивному износу, и заключающееся в полном покрытии перекрывающимися валиками всей наплавляемой поверхности;

б) осаждение узкими валиками, используемое, когда нет необходимости полного покрытия поверхности, и заключающееся в нанесении на поверхность валиков по выбранному шаблону, чаще всего, по «вафельному» или «елочкой»;

в) точечное осаждение, используемое для поверхностей не подверженных большому износу, и заключающееся в нанесении металла отдельными точками диаметром от 15 до 20 мм.

- финишная обработка наплавленной поверхности, которая обычно включает в себя ее шлифование и снятие остаточных напряжений.

В настоящее время технологии наплавки широко используются во многих отраслях промышленности для ремонта узлов и восстановления компонентов сельскохозяйственной, автомобильной и строительной техники, оборудования химических и пищевых производств, режущих инструментов и металлообрабатывающего оборудования, оборудования нефтегазовой и горнодобывающей промышленности и т.д. Это объясняется тем, что наплавка является экономичным средством, позволяющим увеличить срок службы разнообразных компонентов промышленного оборудования. Экономический эффект процесса наплавки зависит от правильного выбора наплавочного материала и его химического состава для конкретной практической задачи. Для того, чтобы получить максимальный эффект к этому выбору следует относиться очень тщательно с учетом возможности реализации всех последующих этапов наплавки.

Все это накладывает высокие требования на уровень профессиональной подготовки инженера, задействованного в ремонтно-восстановительном производстве. Современный инженер соответствующего профиля должен быть способен:

- разрабатывать технологические процессы наплавки и применять специальное оборудование для наплавки, используя знания о специфике производства и эксплуатации изделий, свойствах и характеристиках основного и наплавляемого металла;

- проводить исследования, направленные на разработку и испытания новых процессов и процедур производства, улучшение существующего или создание нового сварочного оборудования, разработку новых или модификацию существующих методов и технологий наплавки, построение новых моделей сварочных явлений, формулировку и обоснование гипотез;

- внедрять технологические процессы наплавки в производство и разрабатывать инструкции для рабочего персонала, касающиеся выполнения процессов наплавки;

- выполнять экспериментальные исследования, направленные на оценку нового оборудования, методов и материалов для наплавки.

Несмотря на то, что перечисленные компетенции могут быть окончательно сформированы только при наличии достаточного опыта работы в условиях конкретного производства, их надежным фундаментом является соответствующая подготовка в ВУЗе. По этой причине в учебные планы различных направлений подготовки студентов, ориентированных на машиностроительное производство, необходимо включать дисциплины, содержание которых обеспечит выпускнику надлежащий уровень подготовки в рассматриваемой области и, тем самым, его конкурентоспособность на современном быстроразвивающемся рынке труда.

Список литературы

1. Dumovic, M. Repair and Maintenance Procedures for Heavy Machinery Components / M. Dumovic // Welding Innovation. – 2003. – Vol. XX(1). – 5 p.

2. Modern Tribology Handbook: in 3 Vol. / Editor-in-chief B. Bhushan. – Boca Raton: CRC Press, 2001. – Vol. 1: Principles of Tribology. – 765 p. – ISBN 9780849377877.

3. Pradeep, G.R.C. A Review Paper on Hardfacing Processes and Materials / G.R.C. Pradeep, A. Ramesh, B.D. Prasad // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – Vol. 2(11). – P. 6507-6510.

4. Review on Hardfacing as Method Of Improving the Service Life of Critical Components Subjected to Wear in Service / C. Okechukwu [at al.] // Nigerian Journal of Technology. – 2017. – Vol. 36(4). – P.1095 – 1103.

5. Shibe, V. Enhancement in Wear Resistance by Hardfacing: A Review / V. Shibe, V. Chawla // Mechanica Confab. – 2013. – Vol. 2(3). – P.111-122.

КРИОГЕННО-СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И ЗАПРАВКА ОБЪЕКТА ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ

Каштыпер М.А., Горбунов А.А., канд.тех.наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Криогенно-статические испытания проводятся с целью подтверждения прочности конструкции ЛА в условиях криогенного захолаживания. При проведении криогенно-статических испытаний объект необходимо нагрузить комплексом силовых факторов (давление, силы, моменты) и захолодить до криогенного уровня. Как известно, криогенными называют температуры ниже (-120°С) или 153 К. Для ЛА характерны два уровня криогенных температур: точка кипения жидкого кислорода (90 К) и жидкого водорода (20 К).

При криогенно-статических испытаниях наибольшее распространение получил конвективный способ захолаживания: тепло отводится с помощью хладоносителей криоагентов). В качестве хладоносителей можно использовать непосредственно жидкие кислород и водород, однако они пожаро- и взрывоопасны [1].

Система обеспечения жидким кислородом предназначена для:

- приема жидкого кислорода;
- его хранения;
- газификации жидкого кислорода;
- подачи жидкого кислорода к рабочим местам, в объекты испытаний;
- возврата жидкого кислорода с рабочих мест в хранилище.

С целью энергосбережения и экологической безопасности, сохранившейся к концу испытаний жидкий кислород должен быть доставлен обратно в емкости для хранения. Кроме того, для обеспечения техники безопасности на рабочих местах, где производится захолаживание жидким кислородом, должны быть установлены датчики содержания кислорода [2].

В соответствии с основными требованиями формируется и состав системы обеспечения жидким кислородом:

- хранилище жидкого кислорода с заправочной рампой;
- газификаторы низкого давления;
- насосы жидкого кислорода;
- криогенные трубопроводы и арматура;
- передвижной вакуумный агрегат;
- система контроля содержания кислорода;
- система управления захолаживанием.

Криогенные трубопроводы и арматура предназначены для транспортировки жидкого кислорода от хранилища к рабочему месту и обратно и для регулирования расхода жидкого кислорода. Передвижной вакуумный агрегат должен обеспечить необходимый вакуум в стенах криогенных трубопроводов [3].

Система контроля содержания кислорода дает информацию о состоянии атмосферы на рабочем месте и ее пригодности для дыхания. Система управления захолаживанием с помощью связи регулирует подачу жидкого кислорода в объект испытаний. Обычно ограничиваются ручным управлением, так как процессы захолаживания достаточно длительные и не требуют в большинстве случаев мгновенной реакции.

Принципиальная схема системы обеспечения жидким кислородом показана на рисунке 1: 1- заправочная рампа; 2 - резервуар жидкого кислорода; 3 - газификатор низкого давления; 4 - криогенные трубопроводы; 5 - регулятор подачи жидкого кислорода; 6 - объект испытаний; 7 - насосная жидкого кислорода; 8 - передвижной вакуумный агрегат; 9 - пульт управления и контроля; 10 - электрокабель для управления газификаторами; 11 - электрокабель для управления криогенной задвижкой; 12 - электрокабель управления подачей жидкого кислорода в объект испытаний; 13 - электрокабель от датчика давления в криогенном трубопроводе; 14 - электрокабель от датчика давления жидкого кислорода в объекте испытаний; 15 - электрокабель от датчика содержания кислорода на рабочем месте; 16 - трубопровод дренажа и выхлопа газообразного кислорода в атмосферу (спецвентиляция); 17 - электрокабель от датчика уровня жидкого кислорода; 18 - электрокабель управления насосами [4].

Захолаживание жидким кислородом происходит следующим образом. Оператор с пульта управления открывает криогенную задвижку с помощью кабеля II, затем с помощью кабеля 10 открывает вентиль газификаторов 3. Управляя этим вентилем, он добивается необходимого давления в резервуаре 2 и начальном участке трубопровода 4. Величина давления в трубопроводе контролируется датчиком давления и кабелем 13. Затем открывается регулятор 5 (по электрокабелю 12), жидкий кислород поступает в трубопровод 4 и объект испытаний 6. Сначала, захолаживая теплые трубопровод и объект, жидкий кислород полностью испаряется и выходит в атмосферу через дренажный трубопровод 16 [5].

Через некоторое время трубопровод и нижняя часть объекта захолодятся, кислород начинает поступать уже в жидком виде. Часть его испаряется, отдавая холод и захолаживая объект испытаний, другая часть заполняет объект. В результате заполнения емкости жидким кислородом она захолодится. В процессе испытаний жидкий кислород, отдавая холод, кипит, пары уходят по системе дренажа в атмосферу. Указанные потери компенсируются подачей через регулятор 5 новых порций жидкого кислорода. Степень заполнения объекта жидким кислородом контролируется с помощью датчика уровня по кабелю 17. После того, как температура объекта достигла заданного уровня, он нагружается силовыми факторами.

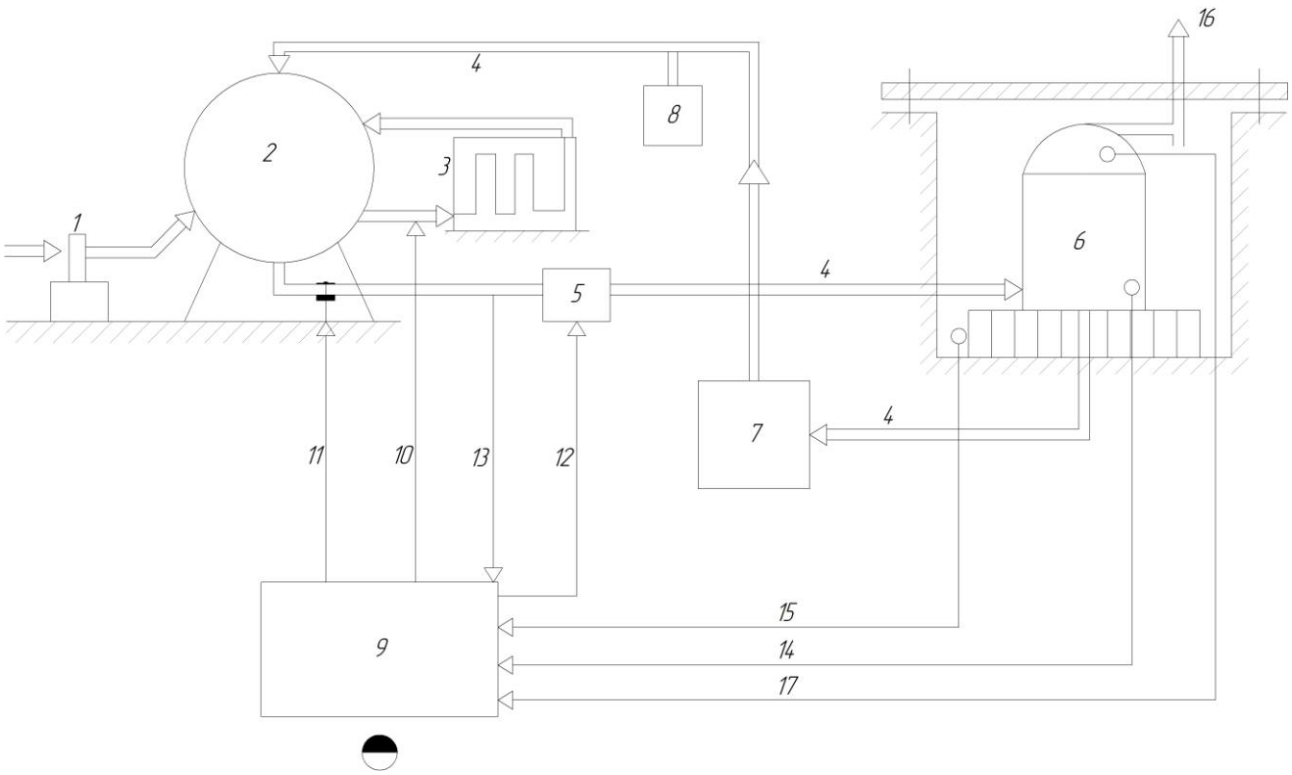


Рисунок 1 – Схема заправки объекта жидким кислородом

После окончания испытаний отключаются газификаторы 3, включается насосная жидкого кислорода 7, и жидкий кислород из объекта 6 перекачивается в резервуар 2. Система захолаживания снова готова к работе. При криогенно-статических испытаниях захоложенный объект должен быть нагружен силами и внутренним давлением. В частности, силовозбудители должны быть вынесены из зоны пониженных температур, при необходимости силовозбудители подогреваются, чтобы не затвердело используемое в них масло.

Для нагружения объектов внутренним давлением уже невозможно использовать воду. В качестве рабочих тел используются обычно или жидкий кислород или газы (азот, гелий), выбор рабочего тела во многом определяется условиями испытаний.

Если необходимо нагрузить объект низким давлением до 1МПа, можно пользоваться газификаторами низкого давления. В этом случае необходимое давление в резервуаре 2 создается с помощью газификатора 3. С помощью регулятора 5 достигается необходимый уровень давления в объекте испытаний 6. Уровень давления в объекте контролируется по линии обратной связи 14. В рассматриваемом случае система нагружения низким внутренним давлением сказывается совмещенной с системой обеспечения жидким кислородом.

Испытания объекта жидким азотом экспериментально показывают нам, что агрегаты космических ракет способны выдержать нагрузки в условиях космоса, однако они не учитывают нестационарные градиенты температур при реальной эксплуатации.

Список литературы

1. Малков М.П. Справочник по физико-техническим основам криогеники / М.П. Малков, И.Б. Данилов, А.Г. Зельдович, А.Б. Фрадков // М.: Энергоатомиздат. – 1985. – 432 с.

2. Филин Н.В. Жидкостные криогенные системы / Н.В. Филин, А.Б. Буланов // Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ие. – 1985. – 247 с.

3. Романенко Н.Т. Криогенная арматура / Н.Т. Романенко, Ю.Ф. Куликов // М.: Машиностроение, Московское отд-ие. – 1978. – 111 с.

4. Архаров А.М. Криогенные заправочные системы стартовых ракетно-космических комплексов / А.М. Архаров, И.Д. Кунис // М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана – 2006. – 252 с.

5. Беляков В.П. Криогенная техника и технология / В.П. Беляков // М.: Энергоиздат. – 1982. – 272 с.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА

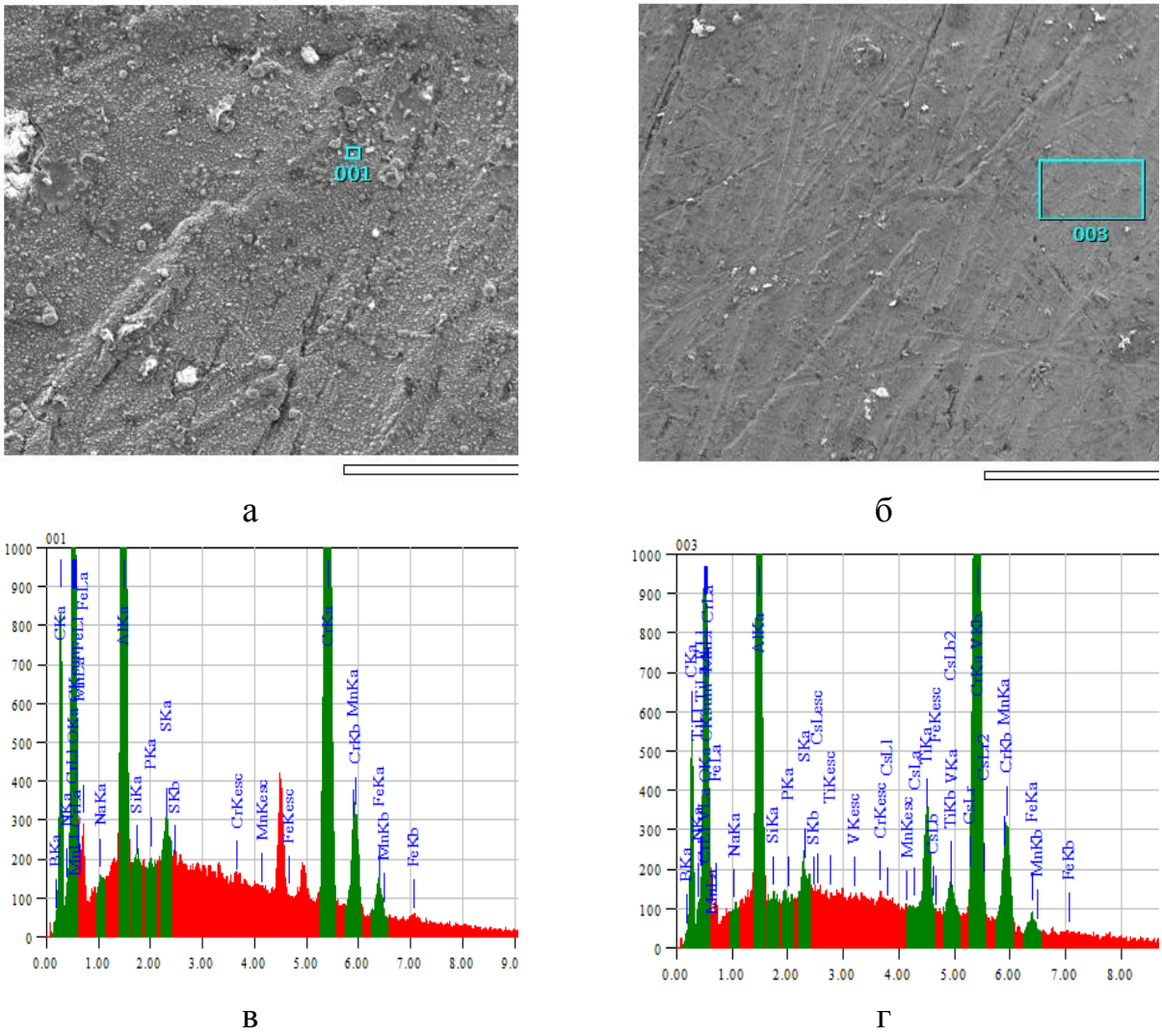
Киякин В.С., Исмагилов Р.А., Кабиров М.М.,
Крылова С.Е. канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Известны многочисленные методы нанесения покрытий, наиболее оптимальным из которых выбран метод КИБ (конденсация и ионная бомбардировка), относящийся к методам физического осаждения покрытий. Наиболее характерной особенностью покрытий, получаемых этим методом, является отсутствие переходной зоны между покрытием и инструментальным материалом, что даёт возможность получать комплекс свойств на рабочих поверхностях инструмента, не ухудшая характеристик основы инструмента. Распространенным однослойным износостойким покрытием на инструмент является покрытие на основе нитрида типа CrN. Данное покрытие имеет серебристый цвет, обладает высокой пластичностью и трибологическими свойствами, такими как, твердость не более 11 ГПа, коэффициент трения по стали – 0,3. Покрытия типа CrN применяют для снижения налипания материала заготовки на режущий инструмент, штампы, пресс-формы и детали машин. Низкая температура нанесения (около 200°С) обеспечивает сохранение твердости основного материала.

Целью работы послужило изучение структуры, фазового состава и распределения микромеханических свойств поверхностного слоя коррозионностойких сталей после нанесения покрытия CrN ионно-плазменным методом. Материалом для исследования послужили опытные образцы стали 40Х после нанесения поверхностного покрытия ионно-плазменным методом на установке ВУП – 1.

Микроструктурные исследования выполняли методом электронной растровой микроскопии с использованием энергодисперсионного рентгеновского анализатора JEOL – 6000 NeoScope (EX – 54400T1L11). Структура поверхности покрытия, полученного в указанных условиях представлена на рисунке 1, в таблице 1,2.

Структурные исследования поверхности полученного покрытия показали, что в изучаемом объекте наблюдается сложное трехфазное строение. В спектре 003, являющимся областью металлической основы покрытия, растворены легирующие элементы следующего состава: Cr – 54,61 % , V – 0,95 %, Ti – 5,22 % , идентифицируемые, как сложные карбидные включения, состав которых определялся отдельно, спектр 001. Наличие алюминия в спектре, взятом с металлической основы свидетельствует, что при нанесении покрытия данного типа использовалась подложка типа Al_2O_3.



а, б – фото микроструктуры, в, г – спектры, взятые с отдельных фаз

Рисунок 1 – Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя покрытия

Таблица 1 – Химический состав спектра 001, в % по массе

B	C	N	O	Al	Si	S	Cr	Mn	Fe
2,44	3,11	0,62	4,32	26,6	0,07	0,77	48,14	1,14	2,51

Таблица 2 – Химический состав спектра 003, в % по массе

B	C	N	O	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	V
1,52	8,92	1,38	2,49	21,50	5,22	54,61	1,28	1,34	0,95

Электронномикроскопические исследования позволили установить наличие отдельных химических элементов в составе покрытия, однако тип соединений и кристаллографические характеристики структуры при этом не установлены, для чего, на следующем этапе исследования, применяли фазовый рентгенографический анализ, позволяющий установить качественный и количественный состав отдельных фаз в изучаемой системе покрытия. Для

выявления качественного фазового состава полученного покрытия использовали рентгеновский минидифрактометр МД-10. Результаты рентгеноструктурных исследований представлены на рисунках 2, 3 и в таблицах 3, 4.

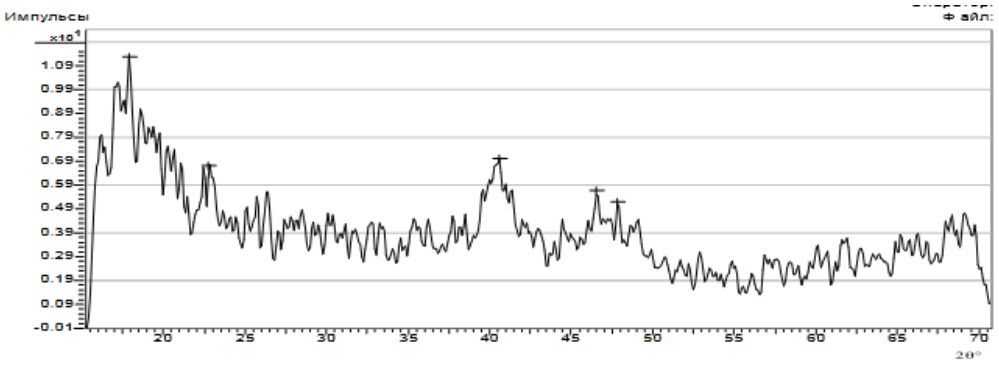


Рисунок 2 - Рентгенограмма покрытия CrN на стали 40Х в интервале углов 2θ° от 0 до 70 град.

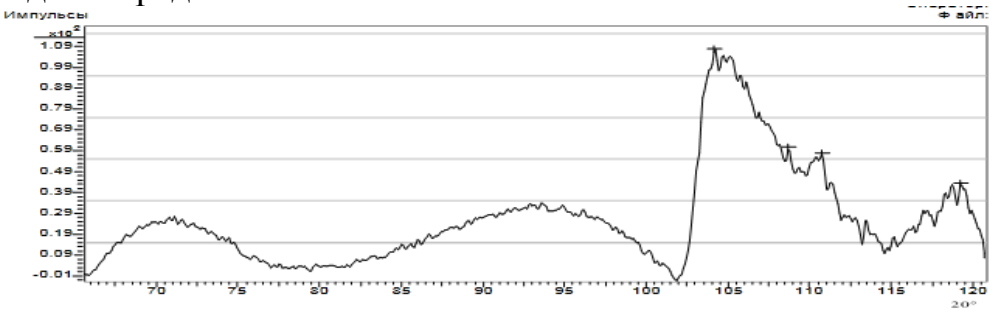


Рисунок 3 - Рентгенограмма покрытия CrN на стали 40Х в интервале углов 2θ° от 70 до 120 град.

Таблица 3 - Кристаллографические характеристики идентифицированных в интервале углов 2θ° от 0 до 70 град.

Пик	*d*	*HKL*	*Фаза*
1	*0,495*	*111*	Fe_3O_4
2	*3,79*	*102*	B_4C
3	*2,223*	*101*	V_2C
4	*1,971*	*211*	Fe_3C
5	*1,88*	*200*	$Ti0_2$

Таблица 4 – Кристаллографические характеристики идентифицированных в интервале углов 2θ° от 70 до 120 град.

Пик	*d*	*HKL*	*Фаза*
1	*0,970*	*311*	*TiN*
2	*0,946*	-	Cr_2O_3
3	*0,952*	*331*	*CrN*
4	*0,89*	*411*	TiO_2

Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ позволил установить тип карбидных соединений полученного покрытия. Так, в матрице сплава на железной основе равномерно распределены специальные карбиды типа Fe_3C, B_4C, V_2C, позволившие получить твердость поверхности в пределах 10,5 – 11,2 ГПа. Тенденция изменения микротвердости по поверхности полученного покрытия представлена на рисунке 4.

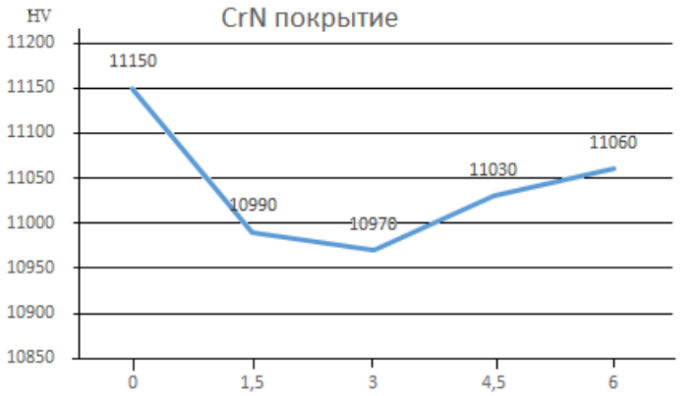


Рисунок 4 -Распределение твердости по поверхности покрытия

Данные распределения микротвердости по поверхности стали с покрытием типа CrN показывают, что экспериментальные значения микротвердости согласуются со справочными литературными данными и результатами подобных исследований в данной области. Однако из графика (рисунок 4) видно, что к центральной части изделия с покрытием наблюдается некоторое занижение микромеханических свойств, обусловленное конструктивными особенностями установки ВУП-1, отсутствием вращения и подогрева подложки в процессе осаждения покрытия, что учтено и успешно минимизировано в более совершенных устройствах PVD.

С учетом вышеуказанных особенностей метода, проведенные структурные исследования свидетельствуют, что полученное комплексно-легированное покрытие имеет мелкозернистую структуру с равномерно распределенными мелкими карбидами и характеризуется следующими свойствами: плотность 6.12 г/см^3, температура плавления 1050 □ С, твердость 11ГПа, модуль Юнга 400 кН/мм^3, коэффициент термического расширения 2.3·10^6 К-1, что позволяет применять его в качестве рабочего слоя при изготовлении и упрочнении трубных изделий.

Список литературы

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

2. Бондарь А.В., Смоленцев Е.В. Криогенно-эрозионное упрочнение металлических изделий // Упрочняющие технология и покрытия. 2006. №4. С. 17-22.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА

Козицына Е.Р., Аширова М.Р., Крылова С.Е., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

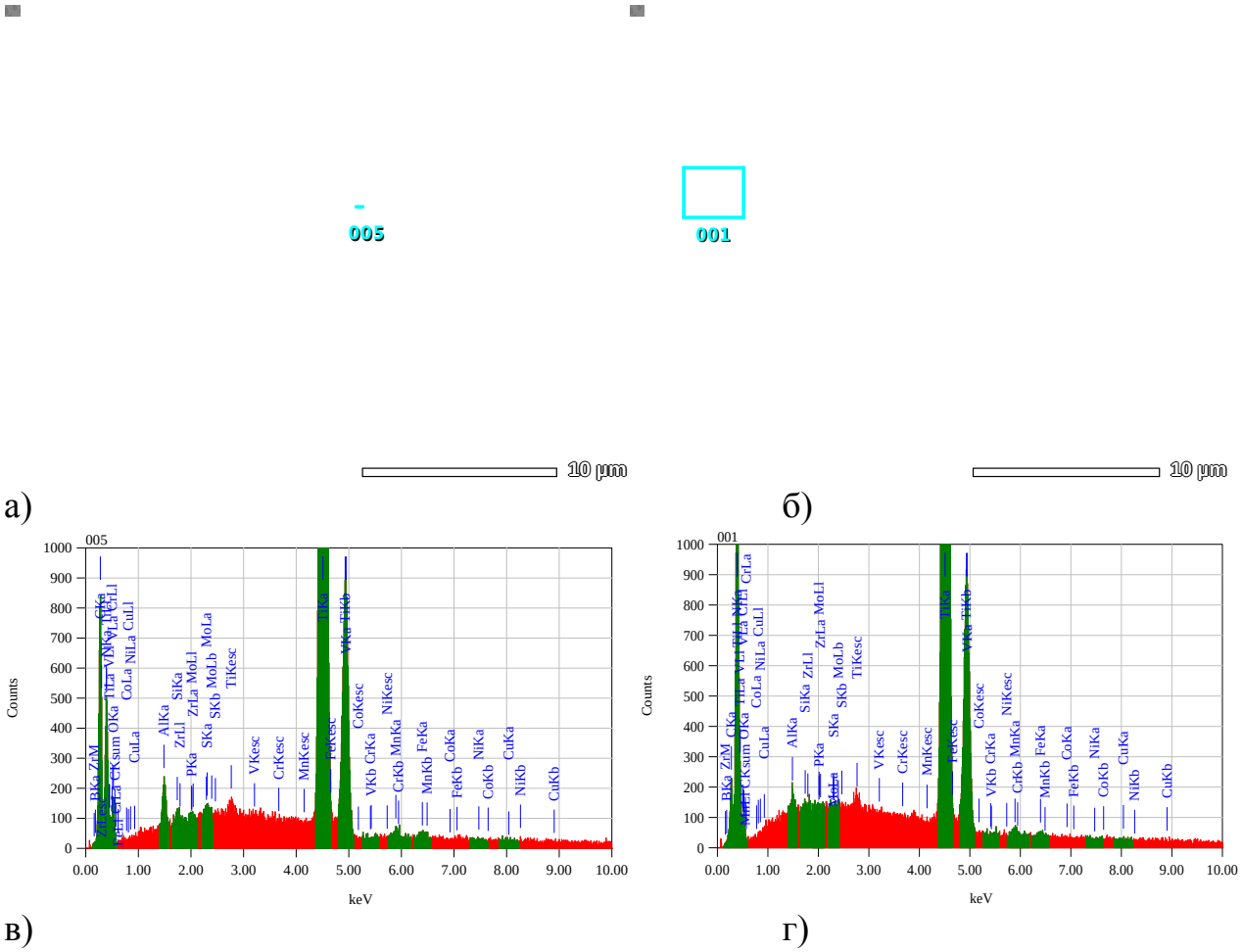
Одна из наиболее серьезных проблем технологического процесса состоит необходимость обеспечивать постоянное соответствие между свойствами новых материалов, применяемых в машиностроении, и всё более жёсткими условиями их работ. Чаще всего наиболее слабым элементом в системе «материал – рабочая среда», определяющим допустимые условия эксплуатации и ресурс всей системы, является поверхность материала. Необходимость применения покрытий для материалов, работающих в различных условиях, вытекает из невозможности соответствующего улучшения эксплуатационных характеристик узлов и деталей даже в случае использования новых конструкционных материалов с улученным комплексом физических, механических и металлургических свойств. Выбор конкретной системы определяется балансом результатов и затрат, т.е. соотношением между улучшением эксплуатационных характеристик детали и стоимостью нанесения соответствующего покрытия.

Одним из самых распространенных покрытий рабочего инструмента является покрытие на основе TiN. Покрытие нитрида титана универсальное износостойкое, имеет твердость в пределах 24-28 ГПа, коэффициент трения по стали – 0,4-0,5, как правило, золотистого цвета. Хотя, при применении в процессе обработки, благодаря различному сочетанию реактивных газов (азота, кислорода, углекислого газа), можно добиться практически любого цветового оттенка поверхности. Покрытия типа TiN применяют для создания износостойких покрытий металлорежущего инструмента. Преимущества: высокая твердость, химическая стойкость.

Целью работы послужило изучение структуры, фазового состава и распределения микромеханических свойств поверхностного слоя нержавеющих сталей после нанесения покрытия TiN методом термической диффузии. Материалом для исследования послужил опытный образец нержавеющей стали 08Х18Н10 после нанесения покрытия на установке ионно-плазменного напыления (технология PVD).

Структура поверхности покрытия, полученного в указанных условиях, представлена на рисунке 1. Микроструктурные исследования выполняли методом электронной растровой микроскопии с использованием энергодисперсионного рентгеновского анализатора JEOL – 6000 NeoScope (EX – 54400T1L11). Результаты рентгеноструктурных исследований представлены на рисунке 1, таблицах 1, 2. Структурные исследования поверхности полученного покрытия показали, что в исследуемом объекте наблюдается сложное двухфазное строение.

В спектре 001, являющимся участком металлической основы покрытия растворены легирующие элементы следующего состава: Mn – 0.42%, V– 0.54%, Ti – 88.38%, N – 8.11%, идентифицируемые, как сложные карбидные включения типа TiC. Полученное покрытие имеет мелкозернистую структуру с равномерно распределенными мелкими карбидами и характеризуется следующими свойствами: плотность 5.44 г/см^3 , температура плавления 2930 °С, твердость 24-28 ГПа, модуль Юнга 25600 кг/мм^2 , коэффициент литейного теплового расширения $9.35 \cdot 10^{-6}$ К (25-1100 °С).



а, б – микроструктура; в, г – спектральный анализ

Рисунок 1 – Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя покрытия

Таблица 1 – химический состав спектра 005, в % по массе

B	C	N	Al	Ti	Fe	Mn	V
1.32	9.58	3.12	0.6	83.17	0.34	0.58	0.30

Таблица 2 – химический состав спектра 001, в % по массе

B	C	N	Al	Ti	Fe	Mn	V
-	1.54	8.11	0.28	88.38	0.35	0.42	0.54

Техника реализации и сущность метода микрорентгеноспектрального анализа методом электронной микроскопии предусматривает определение полного спектра химических элементов в выделенном объеме сплава, однако точный фазовый состав при этом остается неизвестным. Для выявления качественного фазового состава полученного покрытия использовали рентгеновский минидифрактометр МД-10, рисунок 2,3, таблица 3.

Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ позволил установить тип карбидных соединений полученного покрытия. Так, в матрице сплава на железной основе, равномерно распределены специальные карбиды и нитриды TiC, TiN, позволившие получить твердость поверхности в пределах 24 – 28 ГПа.

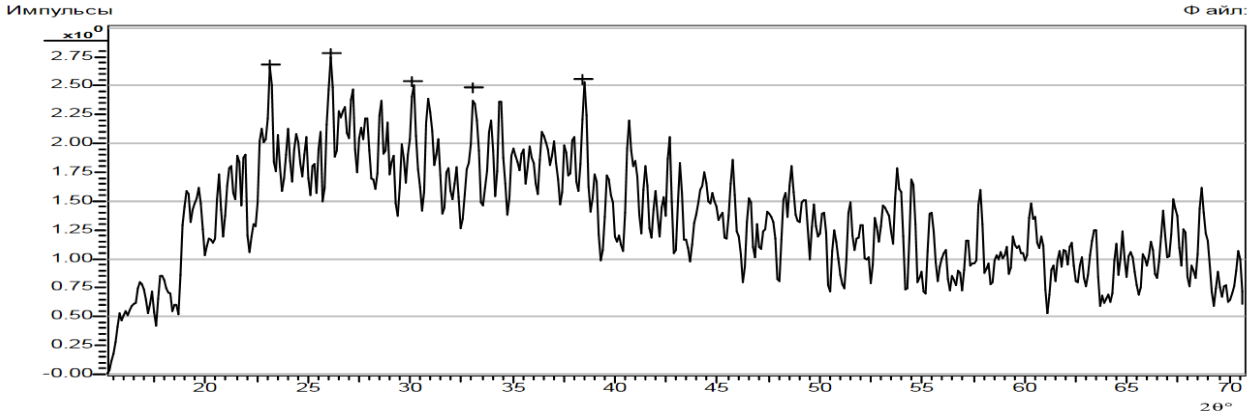


Рисунок 2 – рентгенограмма покрытия TiN на стали 08Х18Н10 в интервале углов 2Ɵ от 0 до 70 град.

Таблица 3 – кристаллографические характеристики идентифицированных в покрытии фаз

Интервал углов 2Ɵ от 0 до 70 град.					Интервал углов 2Ɵ от 70 до 120 град.			
№ пика	2Ɵ	D	HKL	Фаза	2Ɵ	D	HKL	Фаза
1	23.13	3,84445	101	TiO_2	97.92	1.02203	220	FeAl
2	26.09	3,41484	101	AlO_3	98.76	1.01564	400	Al
3	30.09	2,97002	220	Fe_3O_4	101..90	0.99267	331	TiC
4	33.04	2,71088	100	TiB_2	118.71	0.89603	213	TiO_2
5	38.44	2,34166	002	α - Fe				

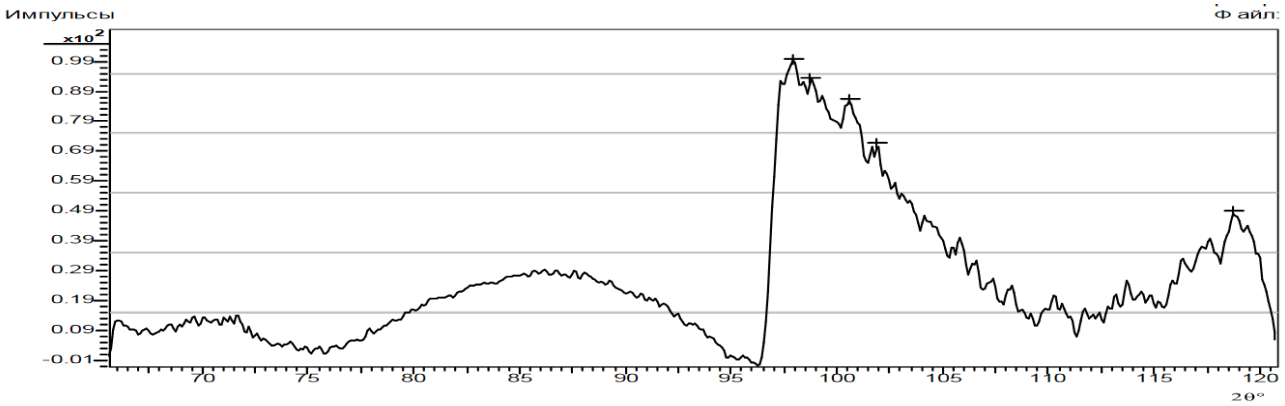


Рисунок 3 - рентгенограмма покрытия TiN на стали 08Х18Н10 в интервале углов 2Ѳ от 70 до 120 град.

С учетом вышеуказанных особенностей метода, проведенные структурные исследования свидетельствуют, что полученное комплексно-легированное покрытие TiN на нержавеющей сталь марки 08Х18Н10 обеспечивает необходимый комплекс свойств на рабочих поверхностях инструмента, не ухудшая характеристик основного металла.

Список литературы

1.Завьялов В.А., Курноскин И.А., Плесовских А.Ю., Крылова С.Е., канд.техн.наук, доцент,Оплеснин С.П., Шурупов А.Ю., Структурные особенности формирования покрытий на основе хрома[электронный ресурс] / Научные и методические аспекты Аэрокосмического образования, Оренбург / Оренбургский гос.ун-т. – Электрон. дан. - секция 2.

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

3. Бондарь А.В., Смоленцев Е.В. Криогенно-эрозионное упрочнение металлических изделий // Упрочняющие технология и покрытия. 2006. №4. С. 17-22

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ПЛАТФОРМ И СИНТЕЗА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Конкретная фундаментальная задача, на решение которой направлена работа, состоит в синтезе моделей и разработке алгоритмов расчета параметров производительности сетей передачи данных общего вида с учетом распределения нагрузки, виртуальных сетей, наложенных, программно-конфигурируемых сетей и прочих технологий, применяющихся в облачных центрах обработки данных (ЦОД) предназначенных для обработки больших данных. Это позволит получать адекватные модели произвольной сети и использовать результаты расчетов для динамического управления ЦОД, оптимизировать настройки балансировки нагрузки на оборудование, повысить производительность сети в целом.

Сети такого вида существенно отличаются от локальных вычислительных сетей наличием большого количества дополнительных протоколов и возможностей, применяемых, как правило, только в центрах обработки данных и крупных узлах обмена информацией. Адекватная реализация таких технологий, как виртуальные наложенные сети (VXLAN, IPSEC Mesh, VRF), NFV системы и технологии, повсеместная виртуализация всего, динамическая маршрутизация с вероятностной балансировкой нагрузки, полная связность на канальном уровне, широко представлены в системах имитационного моделирования, но методы синтеза таких моделей сложны и недоступны широкому кругу администраторов и программистов. К тому же точность реализации зависит от возможности учитывать реальные характеристики многопротокольного трафика, правильности и полноты сбора информации о трафика в каждый момент времени.

Дополнительно предлагается создавать и использовать модель приложений, которые при обработке больших данных являются основными потребителями сетевых ресурсов. Для решения задачи предлагается использовать методы теории вероятностей, теории вычислительных систем в части теории массового обслуживания, теории марковских процессов, численного решения уравнений в частных производных, теория сетей ЭВМ, телекоммуникаций и телетрафика. Задачи анализа показателей производительности сети связаны с необходимостью проведения измерений в рабочих режимах функционирования оборудования и каналов связи, в связи с чем возникают проблемы, обусловленные случайным характером и ограниченным объемом экспериментальных данных, необходимостью получения результатов обработки в минимальные сроки.

Телекоммуникационные технологии в последние годы переживают масштабные перемены, связанные с интеграцией сетей и услуг связи.

Появляются новые сервисы, традиционные сервисы и услуги переходят на платформы NFV, количество потребителей таких сервисов растет очень высокими темпами. Именно появление новых инфокоммуникационных услуг и сервисов вызвало бурное развитие технологий, в которых на первое место встают вопросы качества предоставления услуг.

Будут теоретически обобщены и разработаны новые методы, алгоритмы, программные средства, основанные на принципах двумерной диффузионной аппроксимации процессов функционирования систем массового обслуживания.

В настоящее время существуют системы имитационного моделирования, учитывающие некоторые из используемых протоколов, однако при создании новых и модернизации существующих высокопроизводительных сетей передачи данных приходится проводить вычислительные эксперименты большое количество раз на разных наборах шаблонов для разных вариантов топологий, что при малой скорости имитационного моделирования сложных сетей является крайне затратным по времени и ресурсам.

Предлагается использовать метод обобщенной двумерной диффузионной аппроксимации систем массового обслуживания, который, в отличие от известных методов, позволяет повысить точность расчетов характеристик системы при произвольных законах распределений времен поступления и обслуживания на уровне двух первых моментов в случаях неограниченной очереди и ограниченной очереди с потерями. В основе метода лежит разработанная методика расчета характеристик сетевых моделей совместного решения уравнений баланса потоков в сети массового обслуживания на уровне средних значений и дисперсий интервалов и метода обобщенной двумерной диффузионной аппроксимации СМО, что повышает степень адекватности модели к реальной сети. Такой подход удобен при моделировании многозвенных облачных сетей передачи данных с учетом их вложенности, в том числе и виртуализации.

Научная новизна работы заключается в:

- разработке методов синтеза модели на основе данных прогона реальных приложений на реальной топологии;
- определении прогнозных характеристик распределений выходных потоков рекурсивным алгоритмом на основе интеллектуальных методов;
- разработке методов сбора информации параметрах трафика и сети облачной системы в момент работы приложения, его распознавании и определении параметров для их дальнейшего использования в моделях;
- предложенном алгоритме развертывания и управления наложенными сетями распределенной облачной платформы, которые строятся на базе виртуальных сетях нескольких облачных провайдеров, а также туннелей VPN для передачи данных через Интернет между виртуальными центрами обработки данных.

Проблему прогнозирования использования ресурсов распределенными приложениями для обработки больших данных в рамках работы предлагается решать с помощью методов машинного обучения на основе собранной

статистики предыдущих запусков приложений. Проблема маршрутизации потоков данных будет сформулирована в виде оптимизационных задач по максимизации удовлетворения требований к QoS. Для ее решения планируется использовать интеллектуальные методы.

Следует отметить, что существующие варианты параллельных алгоритмов анализа больших данных не учитывают возможность применения проактивной маршрутизации потоков данных, они, как правило, используют традиционные механизмы маршрутизации. В рамках данной работы планируется использовать технологию программно-конфигурируемых сетей (Software Defined Networking, SDN) и программные коммутаторы OpenVSwitch для создания виртуальных сетей между контейнерами и установки маршрутов передачи данных в соответствии с известной коммуникационной схемой заранее до начала анализа. Для автоматического распараллеливания и планирования работы инфраструктуры будет сформирован ряд дискретных нелинейных оптимизационных задач. Для их решения планируется использовать метаэвристические интеллектуальные алгоритмы.

Список литературы

1. Полежаев П.Н.; Планирование задач для вычислительного кластера с учетом сети и многопроцессорности узлов, Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ’2011): труды международной научной конференции (Москва, 28 марта – 1 апреля 2011 г.) [Электронный ресурс], Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011, с. 254-265.

2. M. A. Bender, D. P. Bunde, E. D. Demaine, S. P. Fekete, V. J. Leung, H. Meijer, and C. A. Phillips; “Communication-aware processor allocation for supercomputers: Finding point sets of small average distance”, Algorithmica, vol. 50, no. 2, 2008, pp. 279–298.

3. Improving Simulation Credibility Through Open Source Simulations Tom Henderson University of Washington [Электронныйресурс], The Boeing Company Simutools Conference. – Режимдоступа: http://www.tomh.org/talks/simutools08-keynote-final.pdf.

4. Ns-3 Model Library [Электронныйресурс]. - ns-3 project 2012. Режим доступа: http://www.nsnam.org/docs/models/ns-3-model-library.pdf.

5. Облачные вычисления. Горских А.Г. [Электронный ресурс]: Южно-Уральский Государственный Университет. – Режим доступа: http://dom.susu.ru/DisrtSystems/Slides/SUSU_DistributedSystems_Cloud.pdf.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ СРЕД

Корнипаев М.А., канд.техн.наук, Русяев А.С., канд.техн.наук,
Ишмухаметов А.Р.
Оренбургский государственный университет

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) находят применение в самых различных отраслях промышленности. ПЛК - это микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов, и предназначенный для работы в режиме реального времени [1]. Для подготовки обучающихся в соответствии с современным тенденциями развития техники кафедрой систем автоматизации производства был приобретен лабораторный стенд «Система автоматического управления расхода САУ-Р-СК» (рисунок 1).

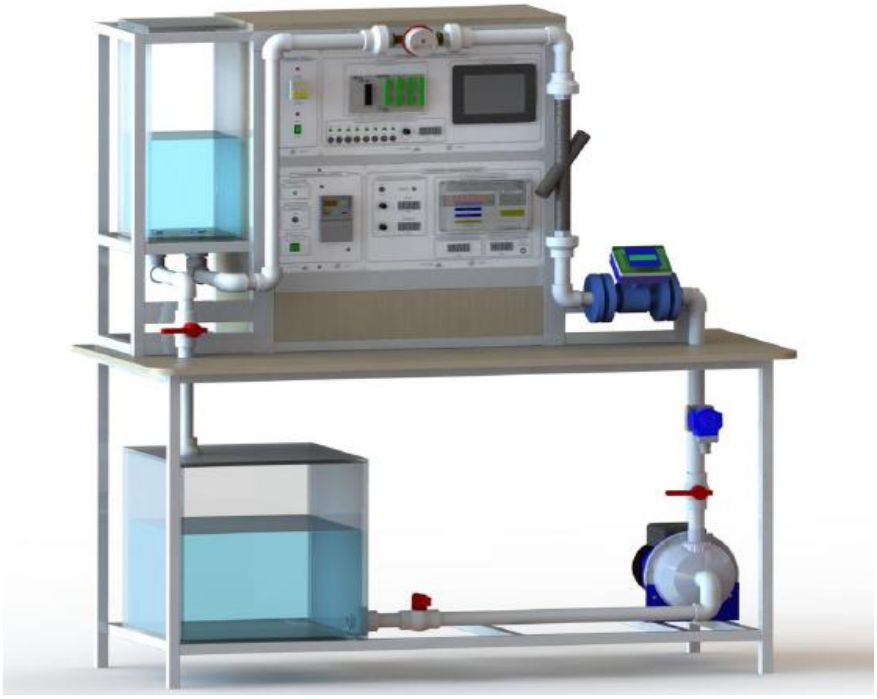


Рисунок 1 - Общий вид «Система автоматического управления расхода»

Стенд [2] позволяет исследовать:

– статические и динамические характеристики расходомеров различного типа;

– системы регистрации данных о мгновенном и суммарном расходе;

– система автоматического регулирования расхода при воздействии возмущений.

Лабораторный стенд содержит три типа расходомеров: электромагнитный, ультразвуковой, тахометрический.

Принцип работы электромагнитного расходомера «Взлет ЭР» (рисунок 2) модификации «Лайт М» основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС) индукции, возникающей в объеме электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, создаваемом электромагнитной системой во внутренней полости проточной части первичного преобразователя расхода.

Рисунок 2 – Электромагнитный расходомер «Взлет ЭР»

Ультразвуковой расходомер US-800 (рисунок 3) использует в основе принцип прохождения ультразвуковой волны через поток жидкости или газа. Расход жидкости измеряется путем измерения времени распространения импульсов ультразвукового колебания через двигающуюся жидкость. Разность между временами распространения ультразвуковых импульсов в прямом и обратном направлениях относительно движения жидкости пропорциональна скорости ее потока. Возбуждение ультразвуковых колебаний осуществляется пьезоэлектрическими преобразователями, располагаемыми на участке трубопровода, в котором производится измерение расхода.

Рисунок 3 – Ультразвуковой расходомер US-800

Принцип работы тахометрического расходомера Бетар СГВ-20Д (рисунок 4) заключается в том, что прибор считает, сколько раз обернулась крыльчатка в потоке воды в трубе. На основе магнитного устройства показатели появляются на индикаторе корпуса, так же показания передаются в ПЛК.

Рисунок 4 – Тахометрический расходомер Бетар СГВ-20Д

Показания с расходомеров поступают в блок ПЛК (рисунок 5), составной частью которого является сенсорная панель оператора фирмы Delta серии DOP-B, предназначенная для осуществления мониторинга и управления промышленными контроллерами, частотно-регулируемыми приводами, и другими приборами промышленной автоматизации с представлением оперативной и архивной информации процессов в удобном для оператора виде. Как и большинство сенсорных панелей оператора [3], данный сенсорный монитор обладает собственной операционной системой.

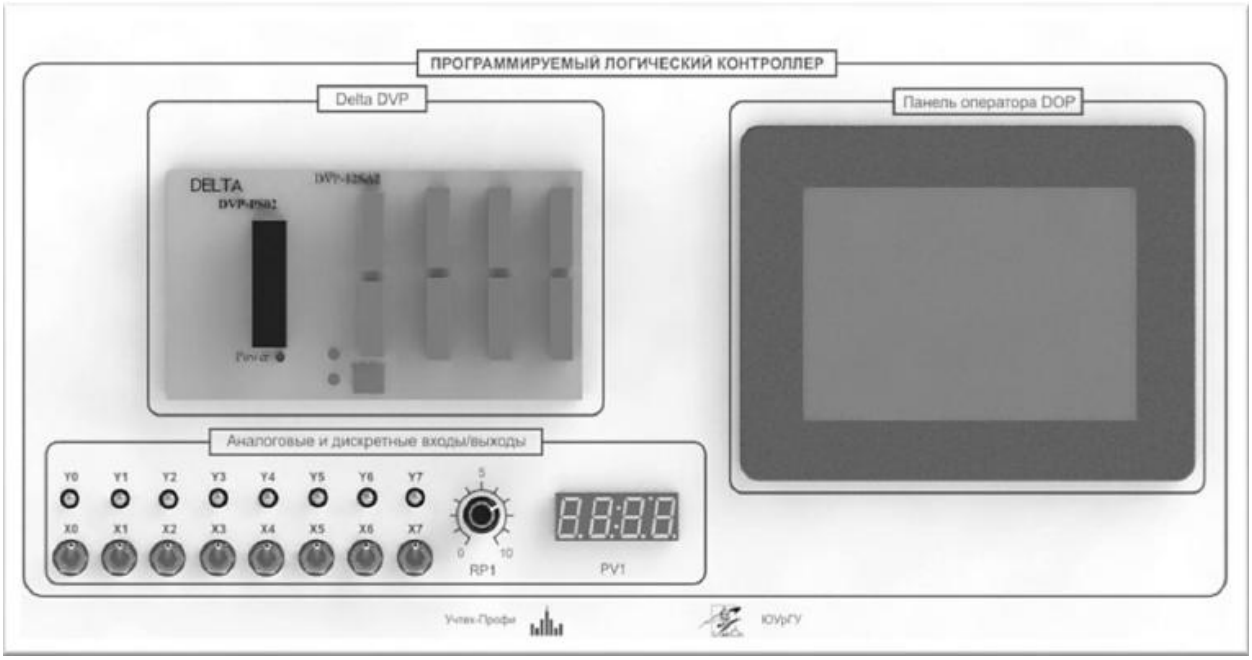


Рисунок 5 – Модуль «Программируемый логический контроллер»

ПЛК DeltaDVP-SA2 представлен на стенде вместе с тремя блока расширения цифровых и аналоговых портов ввода вывода. Доступ к цифровым портам осуществляется через светодиодные индикаторы и двухпозиционные переключатели, выведенные на панель стенда. После ознакомления студента, на простейшем примере, со смещением адресов портов на блоках расширения, он может начать изучать программирование контроллера как самостоятельного устройства. В качестве среды разработки программ для ПЛК используется программное обеспечение WPLSoft доступное для бесплатного скачивания на сайте производителя. Так как программа предназначена только для ПЛК фирмы Delta, то отпадает необходимость в дополнительных настройках, работа с ПЛК становится интуитивно понятной и прозрачной. Для возможности обучения группы студентов программа устанавливается на стационарные компьютеры лабораторий, а для проверки работы написанных программ используется встроенный в программу симулятор.

В качестве основного языка написания программ предлагается язык лестничных (релейных) диаграмм – LD. За счет большого количества разнообразных типов контактов и добавления функциональных FFB-блоков студент может разрабатывать сложные по выполняемым действиям программы для ПЛК.

Лабораторный стенд поставляется вместе с персональным компьютером, на котором установлена SCADA-система «Trace Mode», в которой уже создана мнемо-схема. Обучающийся имеет возможность сразу включится в работу и получить навыки работы с данным видом автоматизированных систем, взаимодействующих с ПЛК.

К основным недостаткам стенда стоит отнести подключение ПЛК и ультразвукового расходомера через устройства преобразователи интерфейсов USB-COM. Так как создаваемые COM-порты являются виртуальными, то их нумерация может измениться после запуска компьютера и потребуется ручное сопоставление устройств, как в параметрах WPLSoft, так и в мнемо-схеме SCADA-системы. Вторым недостатком является особенность работы стандартной программы ПЛК, по которой информация с ультразвукового датчика поступает не напрямую, а через персональный компьютер с запущенной SCADA-системой. При выключенном компьютере ПЛК работает с ограниченным функционалом, что является неправильным с точки зрения разработки программ для ПЛК и разработки схем автоматизации на их основе.

Использование данного стенда при проведении лабораторных работ по курсам «Программирование контроллеров систем автоматизации» и «Цифровые и аналоговые устройства систем автоматизации» позволяет привить обучающимся профессиональные компетенции и адаптировать их к работе с промышленным оборудованием.

Список литературы

1. Митин Г.П. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: Учебное пособие. Митин Г.П., Хазанова О.В., М.: ИЦ МГТУ «Станкин» – 2005, – 102 С.
2. Лабораторный стенд САУ-Р-СК «Система автоматического управления расхода». – Челябинск: Учтех-Профи, 2014. – 156 с.
3. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. - М.: Солон-Пресс, 2012. - 256 с.

ОБЗОР ПРЕИМУЩЕСТВ ПРОГРАММЫ САПР E3.SERIES

Коробейникова Д.Е., Солдатов Н.Е.,
Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Разработка и управление конструкторско-технической документации на всех этапах производства осуществляется при помощи определенных программ. Для разработки, модификации и контроля электрических, электронных, гидравлических и пневматически схем, а также формирования всей необходимой документации часто используется программное обеспечение E3.series [1].

Работа в E3.series ведется в двух основных режимах:

- в режиме Проекта - создание принципиальных схем, чертежей компоновки и табличной проектной документации;
- в режиме Редактора Базы Данных - просмотр, создание или редактирование изделий, символов, моделей.

Проект в программе E3.series - это совокупность:

- всех листов проектной документации;
- записей Базы Данных по изделиям, символам, моделям, использованным в проекте;
- специфических настроек проекта.

Все перечисленные данные хранятся в едином файле проекта E3.series, что обуславливает удобство хранения, архивирования и переноса проектов. По своей структуре файл проекта представляет собой внутренний закрытый формат разработчика. Файл проекта не может быть открыт или изменен вне среды E3.series, за исключением автономного модуля просмотра E3.view. Структурная диаграмма программы E3.series представлена на рисунок 1[2].

Программу можно запустить посредством активизации нужного файла проекта, при этом будет загружен программный модуль, в котором этот проект был создан. Система не допускает загрузки нескольких проектов под единой программной оболочкой. Каждая загрузка нового или существующего проекта влечет за собой запуск новой копии программы. Таким образом, при открытии трех проектов будут запущены три копии программы.

После запуска E3.series, открытия проекта и листов схемы пользовательский интерфейс программы выглядит следующим образом (рисунок 2).

Панель главного меню *1*, традиционно расположенная в верхней части окна программы, содержит большинство команд, доступных в E3.series (ряд команд размещены только в контекстных меню). Команды сгруппированы по функциональному признаку и представлены в виде стандартного выпадающего меню. Отображение панели главного меню нельзя отключить, но ее можно переместить в пределах окна программы.

Команды, представленные в виде пиктограмм, объединены в группы, которые называются панелями инструментов *2*. Таким образом, панели инструментов предоставляют быстрый доступ к часто используемым функциям.

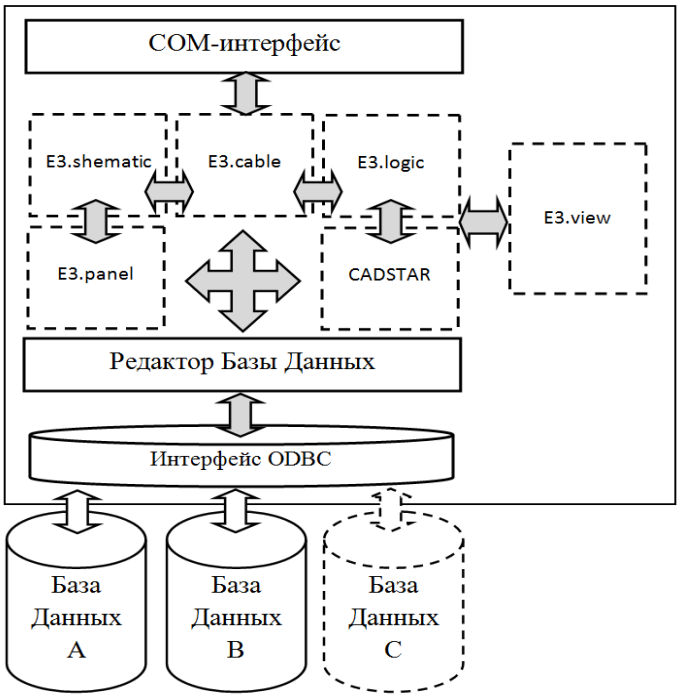
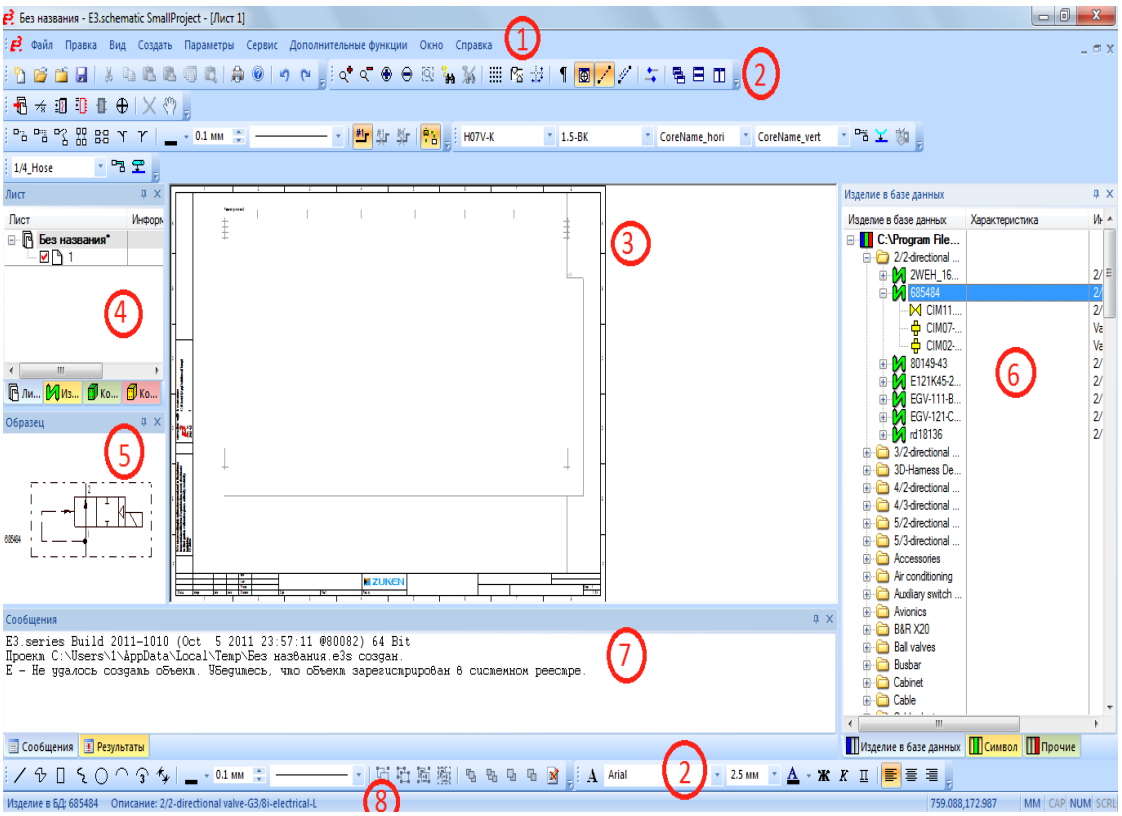


Рисунок 1 - Структурная диаграмма E3.series



1 - главное меню; *2* - панели инструментов; *3* - главная рабочая область программы (окно активного листа); *4* - окно проекта; *5* - окно предварительного

просмотра; *6* - окно баз данных; *7* - окно сообщений/результатов; *8* - строка статуса.

Рисунок 2 - Пользовательский интерфейс программы E3.series

В окне проекта *4* E3.series отображается состав текущего проекта. Закладки в нижней части окна обеспечивают отображение структур трех видов объектов проекта: листов схем/чертежей; изделий в проекте и изделия компоновки, которые доступны в окне проекта. Эти закладки могут быть использованы для переключения между соответствующими разделами окна проекта.

В окне предварительного просмотра *5* отображается графическое представление текущего выделенного объекта.

Информация по текущей работе программы выводится в текстовом виде в окне сообщений/результатов *7* по типу выводимой информации разделено на две части, отображением которых можно управлять с помощью закладок, расположенных в нижней части окна.

В строке статуса *8* в режиме реального времени отображается разнообразная справочная и системная информация. Все изделия, символы и модели хранятся в базе данных *6* в виде иерархической древовидной структуры (рисунок 3) [3].

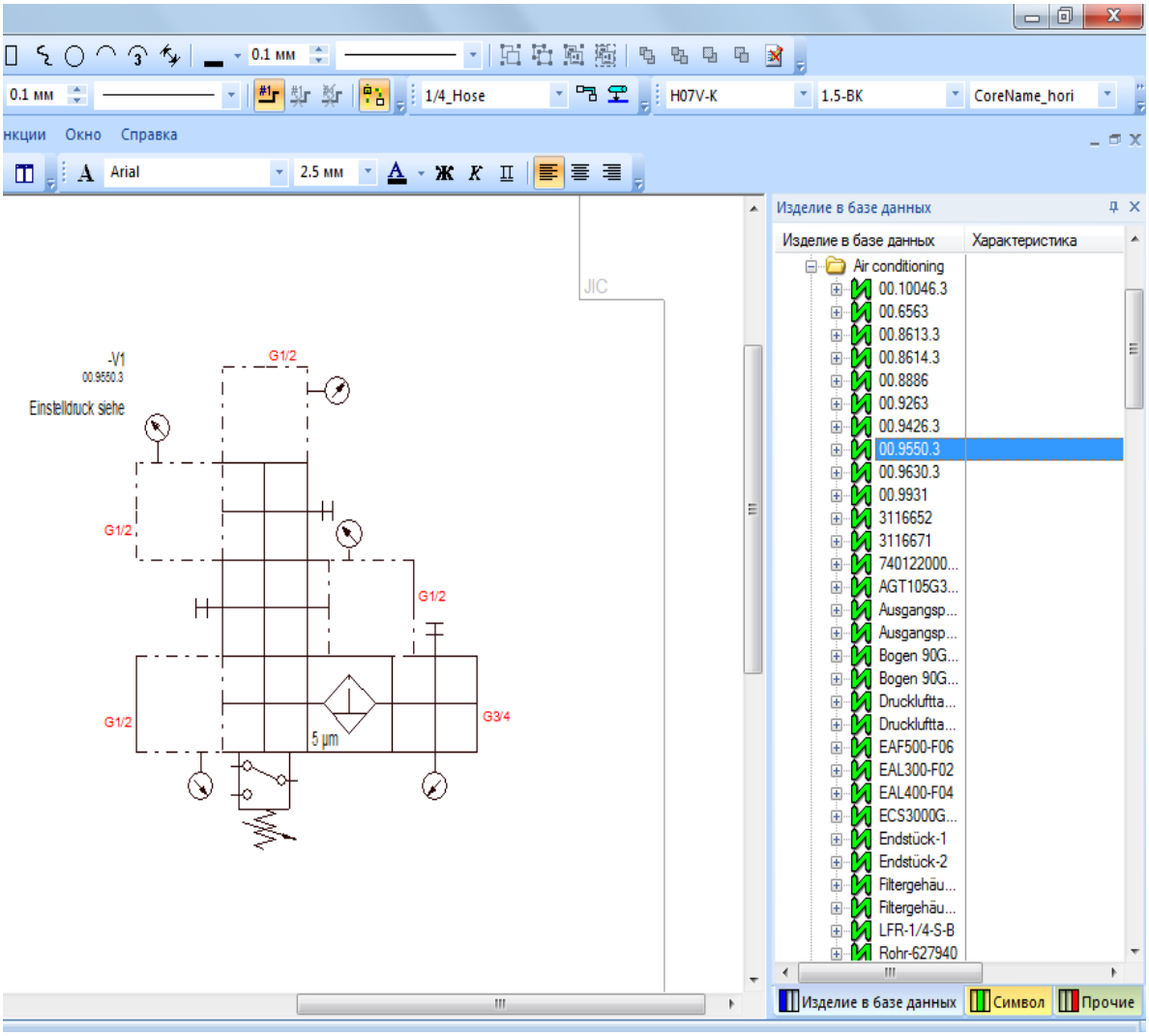


Рисунок 3 - Изделие в базе данных

В качестве преимуществ программы можно выделить следующее:

- графический редактор модуля позволяет осуществлять быстрый поиск нужного изделия в базе данных и размещать его на поле чертежа;
- позволяет изображать электрическую схему с указанием графической информации о витых парах, экранировании поводов и т. п., причем вся подобная информация автоматически попадает в конструкторскую документацию;
- любые изменения на листах принципиальной схемы динамически отображаются во всех генерируемых системой перечнях и в таблицах подключений клеммных колодок;
- изменения в обратную сторону также выполняются динамически;
- встроенные функции контроля в реальном времени позволяют избежать технических ошибок, обеспечивая тем самым выпуск корректной документации;
- по принципиальной схеме автоматически получаются необходимые перечни элементов (таблица соединений для каждого шкафа, таблица подключений для каждой клеммной колодки, перечень кабелей), и отдельно перечень жгутов, содержащий список проводов каждого жгута;
- возможность создавать сборочный чертеж жгута используя приложение «formboard»;
- документы создаются в соответствии с нужными стандартами — ГОСТ, СПДС, СТП, РМ.

В рамках направления подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств проводится работа на тему «Совершенствование процесса по сопровождению конструкторско-технической документации». В ней планируется разработать методические рекомендации для САПР E3.series по разработке конструкторской и технической документации в рамках электротехнической части объекта.

Список литературы

1 САПР E3.series [Электронный ресурс]: Сайт фирмы «ПОИНТ». – Режим доступа: http://www.e3series.ru/ (дата обращения: 04.12.2018 г.).

2 Нелюбина, А.Д. Общее описание САПР E3.series/ А.Д. Нелюбина, А.Н. Дудко, Н.Ю. Кожевникова // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – №2 (2). – С. 230-233.

3 Чухран, Д.И. Иерархическое проектирование в E3.series // САПР и графика. – 2009. – №2. – С. 61-65.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ГИБКОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Кравцов А.Г., канд.техн.наук, доцент, Еркулев А.В., Погадаева. Р.Р.
Оренбургский государственный университет

Как известно, комплексная автоматизация производства подразумевает автоматизацию различных видов деятельности, направленных не только на автоматизацию операций, непосредственно, технологического процесса, но в том числе – и на автоматизацию вспомогательных операций, без которых его реализация невозможна.

Для современного высокоэффективного производства характерным является высокий уровень его автоматизации и гибкости. В значительной мере это стало возможным благодаря широкому внедрению в производственный процесс, так называемого, особого класса машин – промышленных роботов (ПР), позволивших автоматизировать не только процессы по совершению полезной работы, направленной на перенос полезной нагрузки в пространстве, но и процессы по сбору, передаче и обработке информации, а также выработке на основании результатов этой обработки сигналов управления [1]. Использование данного класса машин, представляющих собой автоматически управляемые, перепрограммируемые манипуляторы [2], способствовало и существенному повышению гибкости производств, благодаря переводу значительной части мероприятий по технологической подготовке производства в программную плоскость.

Отличительной чертой основного технологического оборудования механообрабатывающих производств в машиностроении, в частности станков, является их высокий уровень автоматизации и гибкости. При этом конструкции металлорежущих станков, их системы числового программного управления (ЧПУ) наряду с достижениями в области режущего инструмента (новые инструментальные материалы, новые конструкции инструмента, нанесение новых покрытий) обеспечили значительное повышение точности и качества обрабатываемых изделий при серьезном увеличении производительности, путем существенного ужесточения режимов резания. Это в значительной мере сократило ресурс возможностей дальнейшего повышения производительности за счет уменьшения основного времени, затрачиваемого непосредственно на обработку заготовок. Эксплуатация станков с ЧПУ с использованием систем универсально-сборных приспособлений и сборно-разборных наладочных приспособлений совместно с возможностями систем ЧПУ определяют высокую гибкость этого оборудования, которое сегодня является основным видом оборудования в металлообработке.

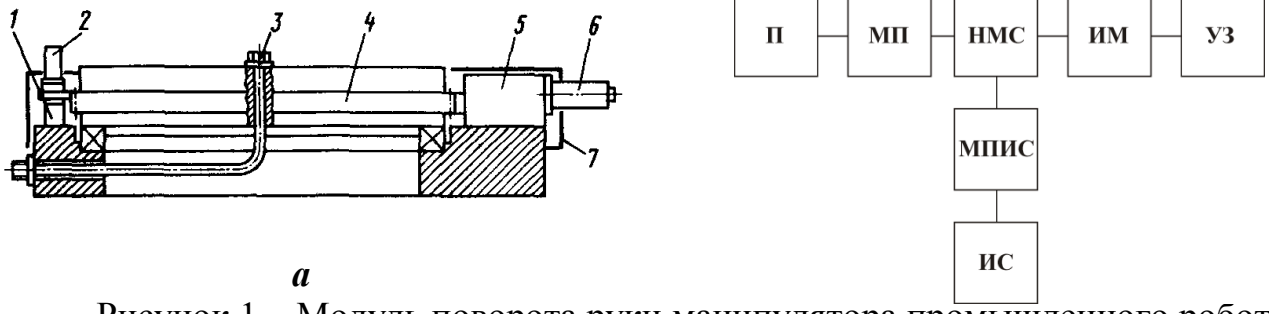
Следует отметить, что сокращение вспомогательного времени тоже происходит значительными темпами. При этом возможный ресурс повышения производительности путем сокращения этой составляющей цикла обработки деталей так же значительно и быстро сокращается. Роботизация

производственных процессов, как уже отмечалось, обеспечивает значительное повышение гибкости этих производств.

В этой связи новые возможности по повышению производительности и гибкости машиностроительных производств, и в частности механообрабатывающих, становятся весьма актуальными, обеспечивающими дальнейший рост их эффективности.

В основе классификации промышленных роботов лежат такие классификационные признаки как характер выполняемых операций, степень специализации, область применения по виду производства, система основных координатных перемещений, система координат, число степеней подвижности, грузоподъемность, мобильность, расположение, конструктивное исполнение, способ транспортирования, структура, тип силового привода, схема расположения привода, форма задания информации, характер отработки программы, характер программирования скоростей и дискретности перемещений. Так в соответствии с системой координатных перемещений (используемых видов кинематических пар) различают роботы с линейной системой координатных перемещений, полярной и ангулярной (угловой), в соответствии с системами координат различают роботы с плоской и пространственной системой координат, которые могут быть прямоугольными (Декартовыми) и криволинейными – цилиндрическими или сферическими [3].

Современный уровень развития конструкций характеризуется использованием в подавляющем большинстве случаев модульного подхода, а говоря точнее многоуровневой модульной структуры схемно-компоновочных решений, основу которой составляет многоуровневая модульная система построения. На рисунке 1 приведена иллюстрация классификации устройств по функциональному признаку, образующих модуля поворота руки манипулятора ПР [4]. Функцию несущей механической системы (НМС) в модуле выполняет поворотный стол 4, исполнительного элемента привода (П) – электродвигатель 6 со встроенным датчиком тахогенератором, механизмов преобразования движения (МП) – редуктор 5, информационной системы (ИС) – датчик положения 2, механизма преобразования исполнительной связи (МПИС) – редуктор 1, устройств связи – кабель3, устройства защиты от воздействий внешней среды (УЗ) – кожух 7.



а

Рисунок 1 – Модуль поворота руки манипулятора промышленного робота (***а***) и структура типового модуля ПР (***б***)

Данный подход обеспечивает возможность независимого создания конструкции модулей первого уровня, которые отвечают требованиям функционирования модулей второго уровня. Это в значительной степени облегчает расчет конструкций составных частей робота с использованием стандартных методик, расчет отдельных узлов и деталей.

Существуют различные конструктивные решения роботов, которые применяются в различных современных производствах. Использование принципа агрегатно-модульного построения конструкций характеризуется ограничениями используемой номенклатуры деталей, узлов и кинематических модулей при создании манипулятора требуемой модели. В результате может возникать технологически неоправданное снижение функциональных возможностей ПР. Использование ограниченного набора простейших функциональных узлов, обеспечивающих одну или две степени подвижности, приводит к росту количества стыков, понижению жесткости конструкции, увеличению ее массы, ухудшению динамических характеристик и точности.

Одним из наиболее важных функциональных элементов ПР является его рабочий орган. В зависимости от характера выполняемых операций рабочим органом промышленного робота может быть либо инструмент, обеспечивающий реализацию какой либо технологической операции (сварка, покраска, гибка, нанесение клея, лазерное нанесение покрытия, фрезерование пластика и так далее) в соответствии с функциональным назначением ПР, либо захватное устройство, позволяющее автоматизировать вспомогательные операции по обслуживанию основного технологического оборудования, примеры которых представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Примеры рабочих органов манипуляторов ПР

Существующее разнообразие рабочих органов ПР можно проиллюстрировать примером перечня классификационных признаков захватных устройств (ЗУ) или, как еще говорят, схватов. Перечень классификационных признаков захватных устройств включает в себя: способ удержания объекта, принцип действия ЗУ, характер базирования объекта, степень специализации ЗУ, рабочий диапазон ЗУ, наличие дополнительных устройств и механизмов, число рабочих позиций, характер работы ЗУ, вид управления ЗУ, характер крепления ЗУ к выходному звену (руке) робота.

Как уже отмечалось переход на выполнение других операций или работу с другими объектами определяет гибкость предприятия независимо от уровня

его автоматизации. Следует подчеркнуть, что данный переход сопряжен с переналадкой используемого технологического оборудования, причем как основного, так и вспомогательного.

Переналадка оборудования с ЧПУ, состоит не только в его перепрограммировании на выполнение других операций, но и замене используемой технологической оснастки. Что касается промышленных роботов, то его переналадка может включать в себя и замену его рабочего органа РО.

Типы, номенклатура основных параметров, присоединительные размеры захватных устройств приведены в действующем сегодня ГОСТ 26063 – 84 «Роботы промышленные. Устройства захватные. Типы, номенклатура основных параметров, присоединительные размеры». Данным стандартом рекомендуются исполнения мест соединения ЗУ с промышленным роботом. При этом, «Стандарт не распространяется на автоматически заменяемые захватные устройства». Попытка найти в отечественных стандартах документ подобный ГОСТ 26063 – 84, распространяющийся на автоматически заменяемые захватные устройства или рабочие органы не дала положительных результатов. Существует только ГОСТ Р 60.3.0.1 – 2017/ИСО 11593:1996 «Национальный стандарт Российской Федерации. Роботы и робототехнические устройства. Промышленные манипуляционные роботы. Системы автоматической смены рабочего органа. Термины, определения и представление характеристик».

Тем не менее, сегодня разрабатываются и совершенствуются, присутствуя на рынке, различные конструкции автоматических систем смены инструмента. В трудах DAAAM за 2011 год и трудах 22-го Международного симпозиума DAAAM, том 22, No. I, ISSN 1726-9679 опубликована статья «Automaticgripperexchangeinintelligentmanufacturingsystems» авторов Kerak, P[eter] &Holubek, R[adovan], в которой говорится о разработке институтом производственных проблем и прикладной механики приспособления для автоматической смены РО ПР. Пример схемы установки ЗУ приведены на рисунке 3.

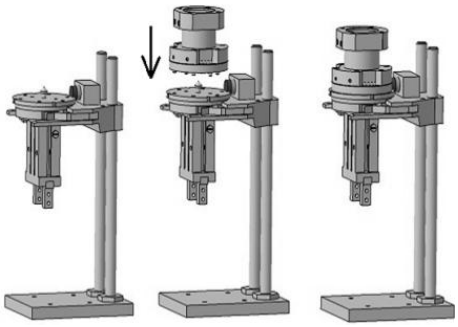
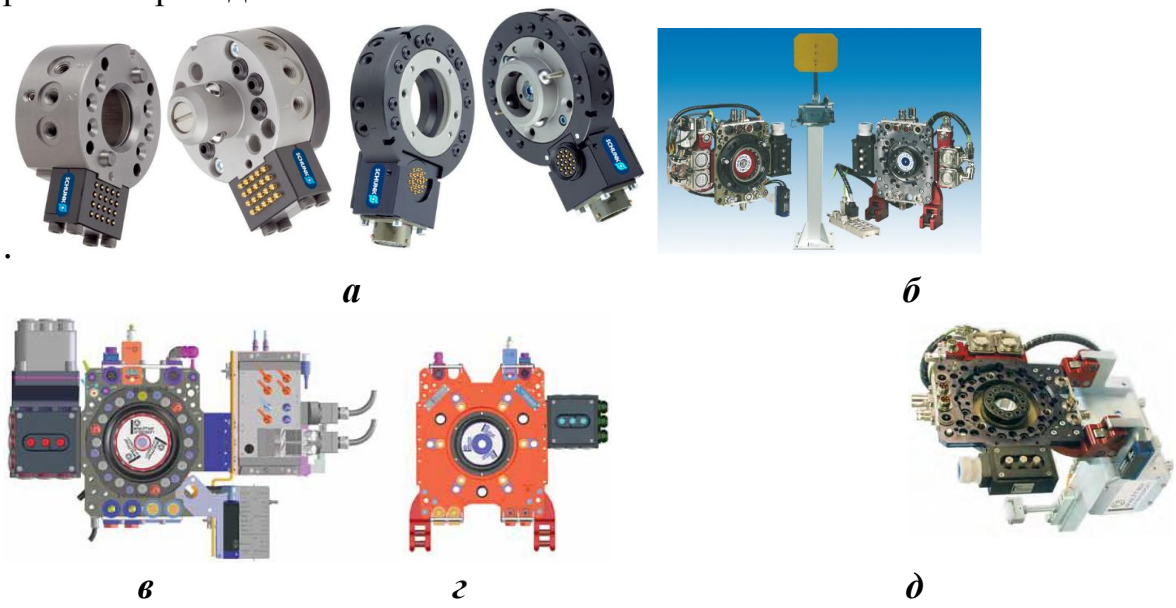


Рисунок 3 – Элементы системы автоматической замены ЗУ и схема его установки

В качестве примеров конструкций предлагаемых на рынке разработчиками и производителями данных устройств можно назвать пневматические системы SCHUNKSWS-005, SCHUNKSWS-020 или WASI 2© (страна производитель Германия) или систему смены инструмента ПР фирмы WALTHER-PRÄZISION [5], приведенных на рисунке 4. Системы имеют модульные конструкции, повышающие их универсальность и ремонтопригодность.



а ***б*** ***в*** ***г*** ***д***

Рисунок 4 – Примеры разъемных соединений для автоматической смены рабочих органов ПР модели SCHUNKSWS (***а***), WASI 2© (***б***), TOOL MASTER 500 для промышленных роботов: тип 91489 (***в*** – сторона робота, ***г*** – сторона инструмента), и тип 95815 (***д***) [5]

Совокупность технических вопросов по решению задач повышения уровней автоматизации, гибкости и, соответственно, эффективности производств, созданию высокотехнологических рабочих мест, а так же необходимость решения вопросов безопасности (самодостаточного автономного существования и развития государства) актуализируют вопросы по более глубокому и полному анализу состояния дел в этой области, конкретизации задач и их решению.

Список литературы

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 304 с.: ил. – (Учебная литература для вузов) ISBN 978-5-9775-3851-0

2. ГОСТ Р 60.0.0.1-2016 Роботы и робототехнические устройства. Общие положения.

3. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1988 г. – 392 с.

4. С. С. Аншин, А. В. Бабич, А. Г. Баранов и др.; Под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. – М.: Машиностроение, 1989г. –272 с. – (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
5. Система смены инструментов промышленных роботов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.walther-praezision.de/de/

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Крылова О.В., Крылова С.Е., канд. техн. наук, доцент,
Оплеснин С.П., канд. техн. наук,
директор ООО «Технология», Оренбург,
Губенко В.М.
Оренбургский государственный университет

Работа направлена на решение актуальной проблемы нефтегазодобывающей отрасли – упрочнение длинномерных деталей компрессорного оборудования, отражает целесообразность и экономическую эффективность ремонтных технологий восстановления служебных свойств готового изделия.

Цель работы – обоснование восстановительного ремонта компрессорного оборудования за счет оптимизации технологии упрочнения длинномерных деталей с применением ионного азотирования.

Стоимость ремонта компрессорных машин складывается из стоимости постоянных работ, объем которых не зависит от состояния изделия (разборка, сборка, испытание и др.), и стоимости переменных работ, объем которых зависит от состояния отдельных частей рабочих деталей. Очевидно, что со временем эксплуатации изделия, увеличивается число деталей, ресурс которых уже исчерпан, в результате стоимость переменных работ от ремонта к ремонту со временем возрастает. Кроме того, стоимость новых компрессоров со временем снижается в связи с совершенствованием технологии производства, повышением производительности труда в результате унификации, стандартизации деталей и узлов и изготовления их на специализированных заводах, а также в связи с моральным износом. Это часто приводит к тому, что стоимость ремонтных работ оказывается намного выше стоимости изготовления нового изделия.

В ближайшее время трудно обеспечить значительное увеличение выпуска компрессоров и замену старого станочного оборудования новым, поэтому удовлетворение потребности производства в компрессорном оборудовании должно быть обеспечено за счет продления службы уже выпущенных компрессорных агрегатов. Это возможно в результате оптимального сочетания выпуска новых и ремонта эксплуатируемых компрессоров. Для выявления целесообразности ремонта следует сопоставить стоимости изготовления нового изделия и его ремонта.

Разные типы производства обусловливают и различие в стоимости и качестве ремонта по отношению к стоимости новых машин. Так, капитальный ремонт машин в условиях единичного и мелкосерийного производства обходится дешевле, чем стоимость новых. При этом эксплуатационные показатели не ухудшаются, а порой даже улучшаются, что объясняется

одинаковой технологией изготовления отдельных деталей в условиях производства ремонта. Снижения стоимости ремонта можно добиться путем организации централизованного обеспечения потребителя запасными частями. Сейчас многие заводы-потребители изготовляют запасные части сами, их качество значительно хуже, чем у завода-изготовителя. Трудоемкость изготовления запасных частей, например, на предприятиях-потребителях 4–5 раз выше, чем на заводах-изготовителях.

Для предприятий, эксплуатирующих компрессорное оборудование, характерны следующие основные методы проведения ремонта:

- обезличенный метод;
- метод ремонта специализированной организацией;
- метод ремонта заводом-изготовителем.

При решении вопроса о целесообразности ремонта следует также учитывать, что основными показателями, определяющими эффективность ремонта, являются не только его стоимость, которая характеризуется уровнем затрат на ремонт оборудования по сравнению со стоимостью нового, но и качество, которое характеризуется соотношением эксплуатационных показателей отремонтированной и новой машин. Чем выше качество ремонта, тем ниже уровень и темпы наращивания эксплуатационных затрат после него.

Основной причиной дефектов, возникающих в процессе эксплуатации, является потеря работоспособности составных частей компрессора при превышении предельного износа. Изнашивание сопряженных деталей является причиной 85 отказов компрессорного оборудования. Свыше 70 затрат на ремонт поршневых компрессоров связано с износом. Определены основные виды износа в деталях поршневого компрессора, связанные с характером движения и действующими нагрузками:

- изменение формы и размеров шатунных и коренных шеек коленчатого вала, трещины в местах перехода шеек к щекам, прогиб;
- износ баббитовой заливки коренных подшипников, коробление вкладышей;
- износ штока в месте прохода через сальник, изгиб, срыв резьбы;
- износ отверстий для установки поршневых колец, износ колец.

В данной работе рассматривается шток компрессорной установки 331К01, 382К01 производства Worthington Creyssensac (Франция) поршневых компрессоров DIXAIR ® -DECIBAIR ®, PIXAIR ®, BLOCAIR ®. 1985г. выпуска.

Рисунок 1 – Фото компрессорной установки с размещенным в ней штоком компрессора

Актуальность данной идеи подтверждается приказом от 31 марта 2015 г. №654 «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в отрасли тяжелого машиностроения Российской Федерации». Разработан и утвержден отраслевой план мероприятий по импортозамещению в энергетической и нефтедобывающей отраслях промышленности Российской Федерации, согласно которому доля импорта данного сегмента должна снизиться с 70% (2015 – 2016г.) до 35% (к 2020 г.) за счет разработки и внедрения проектов, направленных на выпуск импортозамещающей продукции.

Шток выполняет соединительную функцию поршня с крейцкопфом в крейцкопфных компрессорах. В современных конструкциях компрессоров применяются в основном штоки, представляющие собой цилиндрическую деталь с участками различного диаметра. На переднем штоке (со стороны крейцкопфа) выполнена резьба, с помощью которой он закрепляется в крейцкопфе. Для фиксации поршня на штоке предусмотрен упорный цилиндрический бурт и специальная гайка, которая навинчивается на задний конец штока (со стороны поршня).

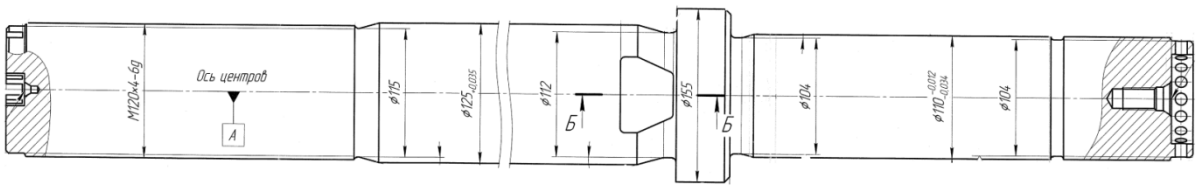


Рисунок 2 – Эскиз штока компрессора

Шток, имеющий конусность и эллипсность 0,8 мм, протачивается и шлифуется. Проточка штока допустима, если его диаметр уменьшится не более, чем на 2,5 мм от первоначального размера. Шток выбраковывается при наличии изломов, трещин и срывов резьбы, превышающих 10% длины резьбы. При

изгибе или дефектах резьбы шток подлежит замене. Изменение формы (овальность, конусность) поверхности штока в местах ее соприкосновения с уплотняющими элементами (кольцами, набивкой) сальника устраняется шлифовкой. При значительном износе возможно восстановление номинального диаметра штока хромированием и наплавкой с последующей проточкой и шлифовкой.

Рабочим материалом для изготовления детали «Шток компрессора является сталь 38Х2МЮА, конструкционная, перлитного класса, высококачественная хромоалюминиевая с молибденом, применяется для азотируемых деталей машиностроения. Основные требования, предъявляемые к стали 38Х2МЮА следующие: сталь должна быть износоустойчивой, хорошо обрабатываться резанием (получение чистой поверхности), должна обладать наименьшей деформацией при закалке. После азотирования данная сталь обладает высокой твёрдостью (до HRC = 68-70 ед.), кроме того она достаточно технологична, флокеночувствительна, не склонна к отпускной хрупкости, упрочняется термической и химико-термической обработкой.

Основываясь на технологичности и универсальности данного материала, сталь 38Х2МЮА представляет определенный интерес для специалистов машиностроительной отрасли в части отработки технологических режимов термической и последующей химико-термической обработки.

По сравнению с цементацией азотирование имеет несколько веских преимуществ, благодаря чему является основным способом улучшения рабочих показателей стали. Азотированный слой обладает высокой твердостью без дополнительной термообработки. Кроме того, после азотирования размер обрабатываемой детали остается практически неизменным. В отличие от цементационного процесса, его можно применить к готовым изделиям, которые прошли термическую закалку с высоким отпуском и отшлифованы до окончательных форм.

Ионное азотирование по сравнению с азотированием в печах имеет следующие преимущества:

1) сокращение общей продолжительности процесса в 1,5—2 раза;

2) возможность регулирования процесса с целью получения азотированного слоя с заданными свойствами;

3) меньшую деформацию деталей благодаря равномерному нагреву; 4) возможность азотирования коррозионностойких сталей и сплавов без дополнительной депассивирующей обработки.

Рисунок 3 – Установка ионного азотирования

Технологический процесс осуществляется при 500-600 °С в установке ионного азотирования, рис. 3. В камеру непрерывно под определенным давлением запускается аммиак, под действием температуры начинает диссоциацию (разложение) по следующей формуле:

$$2NH3 \rightarrow 6H + 2N, \quad (1)$$

полученный в результате этого разложения атомарный азот проникает в металл путем диффузии. Это приводит к образованию твердых нитридов на поверхности изделия. По окончании процедуры установка плавно охлаждается вместе с потоком аммиака. Такой подход закрепляет эффект по твердости слоя, не давая поверхности окислиться. Толщина нитридного слоя варьируется в пределах 0,3 - 0,6 мм. Таким образом, отпадает надобность в последующей термической обработке с целью повышения прочностных характеристик.

Данные технологии восстановления применимы в условиях предприятияООО «Технология» при изготовлении штоков компрессора. Опыт внедрения показал, что при изготовлении партии штоков заказчику в результате последующей эксплуатации штоков выяснилось, что при гарантированном сроке работы в 10 000 часов, по факту данные изделия отработали: 860 – 1446 часов.

В результате малой эксплуатации у штоков появилась деформация (гофра) упрочненного слоя в рабочей зоне сопряжения с сальником, рис. 4.

Рисунок 4 – Дефектный шток компрессора

Основной причиной такой деформации является нарушение процесса предварительной термообработки при подготовке материала к азотированию. Поскольку штока находятся в пригодных для ремонта размерах, а именно предельное занижение диаметра 2,5% от номинального диаметра, то целесообразнее произвести доработку штока в ремонтный размер с обеспечением работоспособности. Т.е. произвести дополнительную термообработку с упрочнением методом ионного азотирования. Очевидно, что мероприятия по оптимизации технологического процесса восстановления не связаны с серьезными материальными затратами, однако необходимо определить экономический эффект от восстановления детали шток компрессора.

Расчет экономического эффекта

Технологический процесс восстановления включает в себя:

№ операции	Вид обработки	Нормы времени	Разряд
1	Токарная обработка – устранение дефектных мест до получения цилиндра	240 мин.	5
2	Слесарная обработка – защита резьбы термопастой	15 мин.	3
3	Термическая обработка	120 мин.	5
4	Слесарная обработка – удаление окалины	15 мин.	3
5	Шлифовальная обработка – в заданный ремонтный размер	1 600 мин.	6
6	Обработка методом азотирования по кооперации	78 000 руб.	-
7	Контроль	60 мин.	4
8	Полировка (доводка)	180 мин	5
9	Контроль	10 мин.	4

Наименования материала/энергоносителя	Потребность на одну деталь	Стоимость $Ц_м$
Электроэнергия	1786 кВт	5 р/ч
Защитная термопаста	1 кг	6 900 р/кг
Транспортные расходы	146 л	42 р/л

Рабочие	Часовые тарифные ставки по разрядам, р/час					
	1	2	3	4	5	6
Основные	45	60	75	90	105	120
Вспомогательные	30	39	48	60	70	77

Показатели	Единица измерения	Значение
1. Объем выпуска б) по стоимости	ед. р./год	1
2. Численность основных рабочих	чел.	6
6. Фонд заработной платы всех работающих	р./ед.	4 252,5
9. Цеховая себестоимость	р./шт.	104 214,5
11. Стоимость новой детали	р./шт.	365 000
12. Эффект от восстановления детали	%	3,5 260 785,5

Расчет экономической эффективности показал, что затраты на восстановительные операции в 3,5 раза меньше, чем затраты на изготовление нового изделия взамен дефектного, что предопределяет эффективное использование технологии ионного азотирования, как с точки зрения достижения комплекса служебных свойств при выпуске новой продукции, так и в условиях ремонтного восстановительного производства.

Список литературы

1 Бабин, М. Г. Технико-экономическое обоснование участка: методические указания к курсовой работе по экономике, организации и планированию производства / М.Г. Бабин, О.Г. Гореликова-Китаева. – Оренбург: ООО Агентство «ПРЕССА», 2005. - 75 с.

2 СТО 02069024.101 – 2014. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. Оренбург: ОГУ, 2014. – 86 с.

3 Френкель, М.И. Поршневые компрессоры / М.И. Френкель - Ленинград, изд. «Машиностроение», 1969.- 744с.

4 Ястребова, Н.А. Техническое обслуживание и ремонт компрессоров / Н.А. Ястребова, А.И. Кондаков, Б.А. Спектор – Москва, изд. «Машиностроение», 1991.- 240с.

5 Библиотека технической литературы [электронный ресурс]: Библиотека технической литературы - Режим доступа: http://delta-grup.ru/bibliot/100/55.htm

ОСОБЕННОСТИ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Лапов А.Н.
Оренбургский государственный университет

В статье обсуждаются алгоритмы анализа нагрузок и напряженно-деформированного состояния конструкций ракетно-космической техники в условиях, когда прямые измерения силовых воздействий отсутствуют, но имеются данные измерений параметров, зарегистрировавшие отклики конструкции и тем самым характеризующие условия внешнего нагружения.

Анализируя условий нагружения и напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций ракетно-космической техники возникают ситуации, когда информация о внешних воздействующих факторах отсутствует, но имеются измерения экспериментальных или телеметрических параметров, которые зарегистрировали отклики анализируемой конструкции и характеризующие условия внешнего нагружения. Общая схема анализа нагрузок состоит в определении внешних воздействий путем математической обработки экспериментальных данных с использованием уравнений движения [1]

$$\mathrm{M}\frac{\partial^2\vec{W}}{\partial t^2} + MH\frac{\partial\vec{W}}{\partial t} + L\vec{W} = \vec{F}(\vec{X},t)$$

для граничных условий свободных краев или закрепления и начальных условий

$$\vec{W}_\varepsilon(\vec{X},t_o) = \vec{W}_\varepsilon^{(o)}(\vec{X}), \frac{\partial}{\partial t}\vec{W}_\varepsilon(\vec{X},t_o) = \dot{\vec{W}}_\varepsilon^{(o)}(\vec{X})$$

характеризующих поля упругих перемещений и скоростей в начальный момент времени, и последующем интегрировании этих уравнений при известной правой части для определения внутренних силовых факторов и напряженно деформированного состояния в интересующих элементах анализируемой конструкции. Здесь M, L, H - матрица масс, матрица жесткости и оператор вязкого демпфирования, поле внешних сил в условиях конечно-элементного моделирования представляется в форме

$$\vec{F}(\vec{X},t) = \sum\nolimits_k q_k(t)\vec{F}_k\delta(\vec{X}-\vec{X}_k)$$

Задачи указанного типа возникают для решения вопросов послеполетного анализа нагрузок на ракеты-носители, отработки высотного двигателя в условиях наземных огневых испытаний. Рассмотрим случай

недетерминированного пространственного широкополосного силового воздействия.

Сопла высотных четырёхкамерных двигателей при наземных огневых стендовых испытаниях подвергаются нештатным пульсационным воздействиям на внутренние стенки [2]. Эти воздействия вызывают колебания напряжений, которые могут быть причиной снижения ресурсной прочности в подколлекторной зоне. Возникает задача оценки среднеквадратических значений амплитуд динамических напряжений, реализующихся в стенке сопла под коллектором по данным тензометрирования внешней стенки камеры двигателя при огневых испытаниях.

Экспериментальные отклики конструкции рассматриваются как стационарные (на 5−10-секундных временных интервалах) случайные процессы, а сама конструкция – как линейная система, реагирующая на распределенное по пространству случайное воздействие.

Алгоритм восстановления среднеквадратических отклонений компонент тензоров напряжений в критических элементах естественно разделяется на три составные части:

- расчёт динамических характеристик методом конечных элементов;
- расчёт передаточных функций между единичными значениями пульсаций давлений в зоне их воздействий и значениями деформаций и напряжений;
- вычисление интенсивностей нештатных пульсаций давления по выбранной модели воздействия и вычисление соответствующих среднеквадратических компонент тензоров напряжений в критических элементах.

В конечно-элементных подмоделях камер выделены совокупности элементов $P_n^{(l)}$, к поверхностям которых прикладывается переменное давление. Эти элементы для каждой камеры с индексом l обозначены номерами n=1, 2, …, N. Предполагается, что пульсации давления на элементы $P_{n_1}^{(l_1)}$ и $P_{n_2}^{(l_2)}$, где $l_1 \neq l_2$, некоррелированы между собой.

Обозначим через $S(\omega;\ P_{n_1}^{(l)}, P_{n_2}^{(l)})$ взаимную спектральную плотность пульсаций давлений, действующих на поверхности элементов $P_{n_1}^{(l)}, P_{n_2}^{(l)}$. Обозначим через $R_n^{(l)}$ радиус-вектор центра тяжести площадки элемента $P_n^{(l)}$, к которой прикладывается давление. В соответствии с [3], будем считать, что коррелированность воздействий на две различные площадки определяется расстоянием между их центрами тяжести. Будем рассматривать класс функций $S(\omega;\ P_{n_1}^{(l)}, P_{n_2}^{(l)})$ вида

$$S\left(\omega;\ P_{n_1}^{(l)}, P_{n_2}^{(l)}\right) = pQ\left(\omega;\ \left\|\vec{R}_{n_1}^{(l)} - \vec{R}_{n_2}^{(l)}\right\|\right), \text{ где}$$

$$Q(\omega;0) = 1, Q(\omega;r) \in (0,1) \text{ для } r > 0.$$

Выбранная таким образом автоспектральная плотность воздействия на фиксированную площадку характеризует белый шум с интенсивностью p. Множитель $Q(\omega;r)$ описывает распределение корреляционных связей по пространству.

Обозначим через T_k дисперсию переменной составляющей показаний тензорезистора с номером k на частотном диапазоне измерений. Пусть $R_k^{(l)}$ – расчетное значение параметра T_k при воздействии переменного давления с единичной амплитудой и выбранной функции $Q(\omega;r)$ или, в случае полной скоррелированности воздействия, фиксированным вариантом выбора положительных направлений пульсаций давлений на элементы. Искомое значение нормирующего величину давления множителя p является результатом минимизации невязки $r = \sum_k (pR_k^{(l)} - T_k)^2$.

Площадки, на которые действуют пульсации давления, имеют форму четырехугольников с вершинами в узлах $X_{n,q}^{(l)}$, здесь q=1, 2, 3, 4, значения l, n – отвечают индексации конечного элемента в подмодели камеры, которому принадлежит площадка. Преобразуем единичное давление, прикладываемое к площадкам, к четырем приложенным в узлах $\vec{X}_{n,q}^{(l)}$ силам $\vec{F}_{n,q}^{(l)}\,\delta(\vec{X} - \vec{X}_{n,q}^{(l)})$, ориентированным по направлению изнутри камеры сгорания наружу.

Пусть $H_{n,k}^{(l)}(\omega)$ – передаточная функция показаний тензорезистора с номером k от пульсаций единичного давления, приложенного к соответствующим поверхностям элемента с номером n, принадлежащего соплу камеры с номером l. Обозначим через $\vec{z}_k^{(1)} = \left(x_1^k, x_2^k, x_3^k\right)$, $\vec{z}_k^{(2)} = \left(y_1^k, y_2^k, y_3^k\right)$ координаты узлов модели, образующие базу тензорезистора с номером k. Для передаточных функций $H_{n,k}^{(l)}$имеем выражения

$$H_{n,q}^{(l)}(\omega) = E \sum_{m-1}^{3} \frac{(x_m^k - y_m^k)}{\sum_{p-1}^{3}\left(x_p^k - y_p^k\right)^2} \sum_{j-1}^{\infty} \frac{\sum_{q-1}^{4}\left\{\vec{F}_{n,q}^{(l)}, \vec{\Phi}_j\left(\vec{X}_{n,q}^{l}\right)\right\}}{\omega_j^2 - \omega^2 + i\dfrac{\delta\omega\omega_j}{\pi}} \left\{\vec{\Phi}_j\left(\vec{z}_k^{(l)}\right) - \vec{\Phi}_j\left(\vec{z}_k^{(l)}\right), \vec{e}_m\right\},$$

где E – модуль Юнга материала, на который наклеиваются тензорезисторы; $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$– орты глобальной системы координат.

Взаимные спектральные плотности мощности $S_{kj}(\omega)$показаний тензорезистора с номерами k и j представляются в виде [6]

$$S_{kj}(\omega) = \sum_{l-1}^{4} \sum_{n_1-1}^{N} \sum_{n_2}^{N} H_{n_1,k}^{(l)}(\omega) H_{n_2,j}^{*(l)}(\omega)\, K(P_{n_1}^{(l)}) K(P_{n_2}^{(l)}) S(\omega; P_{n_1}^{(l)}, P_{n_2}^{(l)})$$

Если прикладываемое единичное давление требуется ориентировать “изнутри наружу”, положим $K(P_n^{(l)}) = 1$. В противном случае, когда

ориентация статического давления и сил противоположны, “снаружи внутрь камеры”, положим $K(P_n^{(l)}) = -1$.

Далее, пусть в точке $\vec{X}$подколлекторной зоны сопла камеры известны отвечающие собственным формам колебаний тензоры напряжений $\Sigma_j(\vec{X})$. Взаимная спектральная плотность компонент тензора напряжений в этой точке рассчитывается по формуле, в которой выражения для соответствующих передаточных функций (записанные в тензорном виде) имеют вид

$$\Xi_n^{(l)}(\omega) = \sum_{j-1}^{\infty} \frac{\sum_{q-1}^{4} \left\{ \vec{F}_{n,q}^{(l)}, \vec{\Phi}_j\left(\vec{X}_{n,q}^{l}\right) \right\}}{\omega_j^2 - \omega^2 + i\dfrac{\delta\omega\omega_j}{\pi}} \Sigma_j\left(\vec{X}\right).$$

Интегрирование по частотному диапазону измерений от 0 до 50 Гц полученных формул позволяет определить дисперсии пульсаций тензоров напряжений в подколлекторной зоне.

С помощью разработанного алгоритма выполнены расчеты деформаций в точках расположений тензорезисторов и напряжений в подколлекторной зоне для большого количества реализаций различных корреляционных моделей входных воздействий.

Выполнены расчетные восстановления временных зависимостей компонент тензора напряжений в критических элементах подколлекторной зоны в детерминистической постановке. Разложим временную зависимость $D_m(t)$показаний тензорезистора с номером m в ряд Фурье

$$D_m(t) = \sum_k d_{m,k} \exp(i\lambda_k t)$$

Представим временные зависимости пульсационного давления $p_n^{(l)}(t), t\epsilon[0,T]$, действующих на грани элементов с номерами n на камере с номером l, в форме разложений в ряд Фурье:

$$P_n^{(l)}(t) = \sum_k c_{n,k}^{(l)} \exp(i\lambda_k t), \quad \lambda_k = \frac{2\pi}{T} k$$

Поскольку фиксируемые тензорезистором временные зависимости обусловлены

пульсационными составляющими, имеем:

$$\Sigma_k d_{m,k} \exp(i\lambda_k t) = \sum_l \sum_n \sum_k c_{n,k}^{(l)} H_{n,m}^{(l)}(\lambda_k) \exp(i\lambda_k t)$$

и, стало быть,

$$d_{m,k} = \sum_l \sum_n c_{n,k}^{(l)} H_{n,m}^{(l)}(\lambda_k)$$

Такие условия выписываются для каждого фиксированного k и для тех значений m, отвечающих показаниям тензорезисторов, на основании которых восстанавливаются временные зависимости. Для решения получаемых сильно переопределенных систем линейных уравнений используются различные алгоритмы вычисления псевдообратной матрицы. Расчеты отклика по напряжениям

$$\Sigma(t) = \sum_k \sum_{j-1}^{4} \sum_n c_{n,k}^{(l)} \Xi_n^{(l)} \left(\frac{2\pi}{T} k\right) \exp\left(i \frac{2\pi}{T} kt\right)$$

позволили оценить уровень НДС в интересующих элементах конструкции.

Таким образом с использованием представленных алгоритмов выполнены оценки НДС подколлекторной зоны высотного двигателя по данным тензометрических измерений с внешней стороны конструкции во время огневых испытаний [4, 5].

Список литературы

1. Кармишин А.В., Лиходед А.И., Паничкин Н.Г., Сухинин С.Н. Основы отработки прочности ракетно-космических конструкций. – М.: Машиностроение, 2007. - 480 с.

2. Архипов А.Б., Горохов В.Д. и др. Решение проблем наземных испытаний ЖРД РД0124А со штатными высотными соплами / Научно-технический юбилейный сборник КБ химавтоматики – Воронеж: Кварта, 2012. Т. 1. С. 82-86.

3. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука, 1979. - 336 с.

4. Владимиров С.А., Титов В.А., Кондратенко М.А., Корнев Д.В., Трефилов С.И., Горохов В.Д., Жеребчиков С.Н. Моделирование отклика камеры сгорания высотного двигателя на нештатные силовые воздействия при наземных огневых испытаниях // Известия МГТУ «МАМИ». 2015. № 2(24). Т. 4. С. 51-58.

5. Титов В.А., Корнев Д.В. Расчетный анализ динамического отклика камеры высотного двигателя по параметрам деформаций и напряжений на нештатные силовые воздействия, возникающие при наземных огневых испытаниях, на основании данных тензометрирования. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619546 от 16.12.2011.

6. Рыбаулин А.Г., Сидоренко А.С. Исследование локального напряженного состояния и оценка долговечности конструкции авиационного изделия с дискретными сварными соединениями при случайном нагружении // Труды МАИ. 2015. № 79. URL: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=55786

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСКЛАДКИ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ И РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В КОРПУСЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Леднев С.В., Гриненко А.В
Оренбургский государственный университет

Компоновка отсека летательного аппарата (ЛА) подразумевает наличие оболочки, внутри которой размешаются бортовое электрооборудование (БЭО), агрегаты и кабельная сеть. При проектировании разработчик определяет форму и размеры отсеков, размечает расположение приборов и бортовой кабельной сети (БКС). Задача компоновки каждого изделия заключается в размещении заданного набора БЭО и БКС, определенной формы и размеров внутри заранее выбранной оболочки [1].

При проектировании нового или модернизации существующего изделия, разработчик решает следующие задачи:

- соблюдения норм и правил единой системы конструкторской документации;
- снижения массы изделия в целом и БЭО с БКС в частности;
- обеспечение требований технологичности монтажа, подбора мест для монтажа разъемных соединений при частичном демонтаже оборудования.

Современная БКС ЛА состоит из жгутов, имеющих сложную геометрическую структуру, вложенную во внутренний объем корпуса ЛА. Внутренний объем корпуса имеет ряд ограничений, обусловленных выбранной компоновочной схемой ЛА, а также размещенным электрооборудованием или наличием мест, запрещающих прокладку БКС (движущиеся рулевые приводы, зоны повышенной температуры и т.п.).

Расчёт точной длины провода, с учетом всех огибающих поверхностей не представляется возможным в связи с наличием большого количества доработок корпуса и мест расположения электрооборудования, возникающих на первоначальном этапе проектирования. Исходя из этого, конструкторы закладывают большую длину провода, иногда превышающую необходимую длину жгута в несколько раз.

Таким образом, одними из наиболее трудоемких операций при производстве ЛА является монтаж БЭО и БКС в отсеках ЛА. Данные операции проводятся на заключительных этапах сборки изделия. В результате большая часть кабелей подгоняется «по месту» путем уменьшения или увеличения длинны, что приводит к усложнению процесса монтажа и контроля, к повышению процента отказов БЭО, а также к увеличению отходов проводов. Проведение работ, связанных с доработкой БКС в отсеках ЛА, увеличивает во времени технологический цикл монтажа БКС, требует значительных временных и материальных затрат, высокой квалификации персонала, а, следовательно, влияет на сроки изготовления и сдачи ЛА. Для снижения

материальных затрат, а также отработки технологии монтажа, завод-изготовитель производит партию эталонных кабелей, необходимую для проведения многократного макетирования кабелей на нескольких первых изделиях [2].

При макетировании БКС проверяется:

- расположение обозначенных трасс и длины кабелей;
- расположения и необходимое количество крепежных точек под установку фиксирующих элементов БКС на изделии;
- подбор выбранных комплектующих кабелей исходя из условий и мест их эксплуатации;
- наличие ограничивающих требований к эксплуатации;
- места расположения и количество точек металлизации;
- технология монтажа кабелей в отсеках ЛА;
- места расположения соединителей и вспомогательных кронштейнов;
- длины «вылетов» кабелей выходящих от плоскостей стыков отсеков изделия;
- необходимость внедрения дополнительной защиты от повреждения и возможных температурных воздействий.

Исходя из вышеизложенного, перед каждым современным авиастроительным предприятием встаёт задача о сокращении временных и материальных затрат на компоновку внутреннего объёма ЛА. Одним из наиболее эффективных способов, в данном случае, является внедрение трехмерных систем автоматизированного проектирования. Также в технических заданиях на разработку современных ЛА всё чаще появляются пункты о необходимости создания трехмерной модели ЛА с установленным оборудованием и проложенной БКС.

Рассмотрим основные требования предъявляемые к компоновке БЭО и БКС которые должны быть учтены разработчиком до начала работ в трехмерной системе.

Требования к БЭО:

1. Грамотное размещение приборов во внутреннем объёме корпуса ЛА обеспечивается предварительной проработкой документации и соответствующих требований к эксплуатации каждого прибора, а также анализом межблочных связей и анализом электромагнитной совместимости (ЭМС) оборудования. Проведение анализа ЭМС снижает уровень неудовлетворительной ЭМС, что в свою очередь приводит к снижению объема оборудования для борьбы с электромагнитными помехам.

2. Обеспечение наиболее рациональной установки связанных между собой приборов в отсеках ЛА для исключения увеличения количества трасс и длин кабелей при монтаже.

3. БЭО необходимо размещать с максимально возможной технологичностью монтажа, а также с учетом требований к установочным поверхностям, к размерам необходимых зазоров и т.п. [3].

Требования к БКС:

1. Размещение и крепление жгутов должно исключать возможность механического повреждения кабелей в процессе сборки и эксплуатации ЛА, а также обеспечивать необходимый доступ для проведения регламентных работ (при необходимости);

2. Для исключения возможной ошибочной стыковки двух и более соединителей одного типоразмера, расположенных в непосредственной близости друг от друга, необходимо:

- маркировать блочные части соединителей и места их установки;
- вводить различные угловые положения на контактном поле соединителей.

3. Определение необходимого количества физических жгутов для проведения оптимального монтажа на борту ЛА.

4. Конфигурация кабелей из состава БКС должна быть выполнена с учётом необходимости обеспечения высокой технологичность монтажа, а также с минимизацией выполнения заделки электрических соединителей на самом изделии в процессе сборки.

5. Расположение БКС должно гарантировать работоспособность ЛА на всех этапа его полета, а также доступ к технологическим разъемам для поиска и локализации возможных отказов в процессе настройки изделия.

6. Стыковку жгутов БКС к агрегатам и БЭО необходимо производить с использованием стандартных электросоединителей и клеммных колодок, обеспечивающих надежность стыковки и гарантированное наличие электрической связи, а также максимально возможное удобство при демонтаже блоков и агрегатов бортового оборудования.

7. Необходима детальная проработка мест прохождения трасс БКС с точки зрения ввода дополнительной защиты определенных участков кабелей в зависимости от условий расположения в каждой конкретной зоне ЛА (движущиеся механизмы, зоны повышенной температуры и т.п.).

8. Обеспечение взаимной ЭМС расположения БЭО и БКС.

После рассмотрения всех требований и особенностей монтажа БЭО и БКС можно преступить к рассмотрению необходимых требований к системам трехмерного автоматизированного проектирования БКС:

1. Разработка различных типов электрических схем, которые потребуются для подгружения необходимой информации при создании твердотельной модели кабеля.

2. Наличие основной библиотеки, находящейся на сервере предприятия и позволяющей разработчику пользоваться различными элементами для создания электрических схем.

3. Наличие 3D-каталога электросоединителей, а также элементов крепления, необходимых для разработки БКС.

4. Возможность разработки трехмерной модели корпуса изделия и его основных частей (отсеков) с использованием каталога стандартных элементов (болты, винты и т.п.), а также предполагаемое осуществление обмена моделями между различными CAD- системами.

5. Производить трехмерную раскладку БКС в сборках механической САПР по логической информации из электрических схем.

6. Выполнять автоматическое определение ошибок в электрических схемах на основе определенного алгоритма для своевременной корректировки недочетов на первоначальных этапах разработки, что в итоге позволит уменьшить стоимость производства БКС.

7. Возможность многопользовательского проектирования схем в едином информационном пространстве, наличие общей базы данных и доступ к ней, конфигурирование схем, их элементов, передача из схемного редактора данных с полным набором параметров, описывающих электрическое определение элементов схем.

8. Наличие функции предварительного просмотра (без редактирования) для проверки и предоставления информации другими службами предприятия, не связанными с разработкой.

9. Формировать готовую КД на кабельную сборку и иметь функции автоматизированного получения:

a) данных по распайке соединителей;

b) таблиц соединений для тестирования корректности соединений;

c) плоской модели жгута;

d) полной модели жгута.

10. Автоматизация внесения изменений на любом этапе разработки [4].

По результатам определения необходимых требований к БЭО, БКС а также к самим средствам автоматизированного трёхмерного проектирования можно сделать вывод, что проектирование в одной системе с использованием определенного программного комплекса позволяет производить своевременное выявление ошибок для сокращения времени выпуска качественной КД для изделий аэрокосмической области.

Список литературы

1 Егер С.М., Матвеенко А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники: Учебник. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 576 с.

2 ОСТ 92-8730-82. Монтаж бортовой кабельной сети. Технические требования. – Введ. 1982–07–05. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 51 с.

3 ОСТ 92-0138-70. Монтаж аппаратуры на изделии. Общие технические требования. – Введ. 1970–02–05. – Москва: Изд-во стандартов, 1970. – 15 с.

4 Биктулов С.В., Чупахин Я.Н. Разработка высокотехнологичных бортовых кабельных сетей. – Самара: «Известия СНЦ РАН» том 16, № 1 (5), 2014. – с. 1309 – 1315.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК В АВИАСТРОЕНИИ

Луцев А.С., Рафиков Д.М., Николаенков А.А.
Оренбургский государственный университет

Трехслойные конструкции давно нашли свое применение в различных областях промышленности, в настоящее время их можно встретить: в авиа-, судо-, машиностроении, также применяются в строительстве и в других областях. Примеры их применения изображены на рисунках 1, 2.

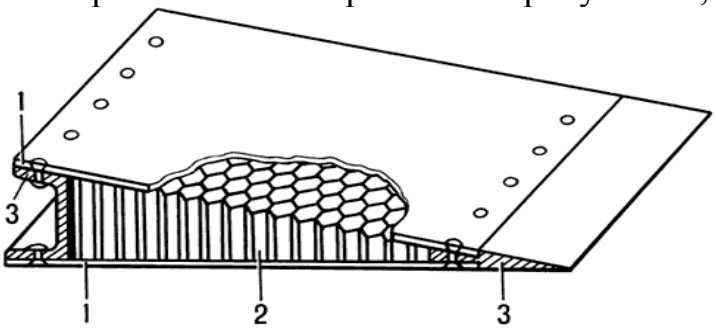


Рисунок 1. Трехслойная панель крыла, состоит из внешней обшивки и сотового заполнителя, обеспечивает прочность и легкость конструкции.

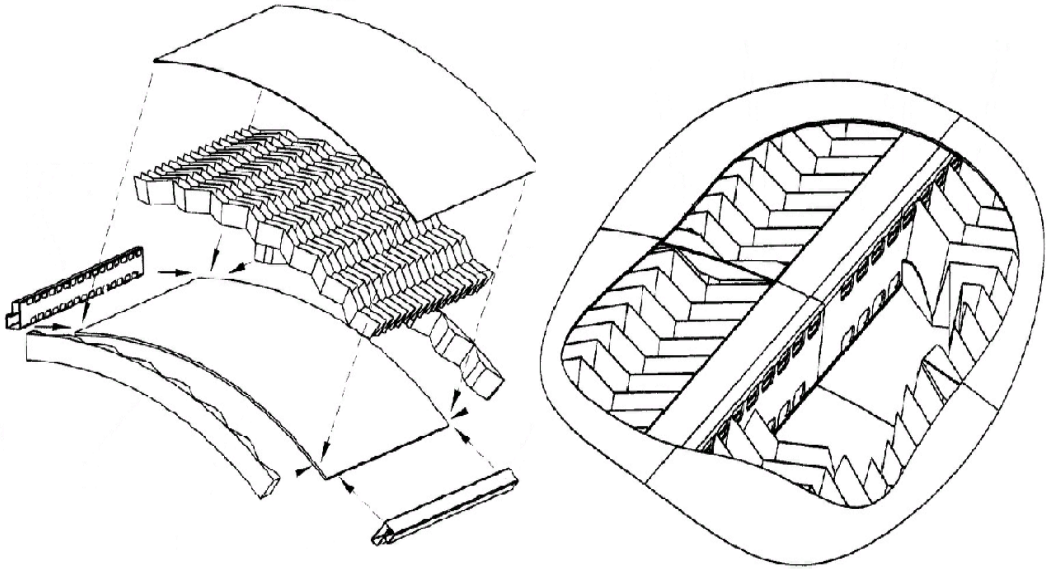


Рисунок 2. Трехслойная конструкция обшивки фюзеляжа самолета, состоит из обшивок и неметаллического заполнителя. Такая конструкция служит для сохранения тепловой энергии, подавления шумов за бортом.

В зависимости от требований жесткости, упругости, веса и температурных нагрузок действующих на конструкцию трехслойные оболочки могут иметь различную структуру, материалы и способы изготовления. Соответственно будут изменяться показатели прочности изделия.

В авиастроении применение таких оболочек находят в корпусах двигателей и агрегатов, где имеются требования к жаропрочности, устойчивости к статическим нагрузкам, легкости, точного соблюдения теоретического контура изделия, стойкости к воздействиям окружающей

среды. Для соблюдения таких критериев в конструкции должны применяться легкие, упругие и нержавеющие сплавы, стойкие к перепадам температуры. При формировании конструкции используются различные способы фиксации заполнителя с внешней и внутренней, на рисунке 3 представлены формы заполнителя

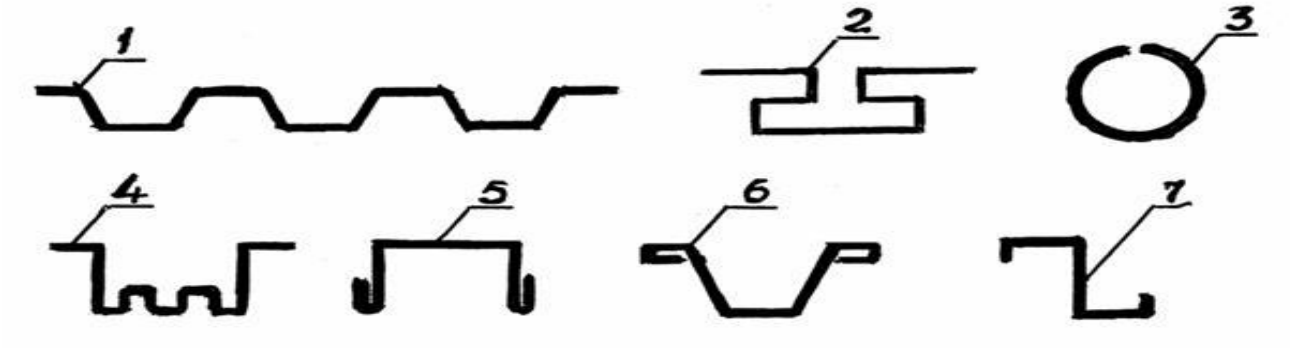


Рисунок 3. Сечения различных форм заполнителя.

Каждая из форм выполняет определенную роль в укреплении конструкции и сопротивлению ей конкретных нагрузок. Также существуют различные способы фиксации и соединения всех трех слоев конструкции. Это могут быть клеевое соединение, паянное, сварное и другие. Все эти способы могут применяться как по отдельности, так и комбинированно, в зависимости от технических требования к конструкции.

Клеевое соединение является преемущественным для склеивания неметаллов, оно просто в выполнении, но для гарантированного склеивания поверхностей необходимо соблюсти требования по их обработке. Это обезжиривание, сушка и другие. Прочностные свойства и рабочие температуры такой конструкции, будут зависеть от выбора ингредиентов клея. Для склеивания трехслойной конструкции может применяться адгезив, вещество, способное соединять материалы путём поверхностного сцепления. Скрепляющее действие адгезива основано на создании молекулярных связей между ним и поверхностями соединяемых материалов. Микронеровности, заполняемые адгезивом, увеличивают площадь контакта между прилегающими поверхностями. После застывания адгезива они склеиваются.

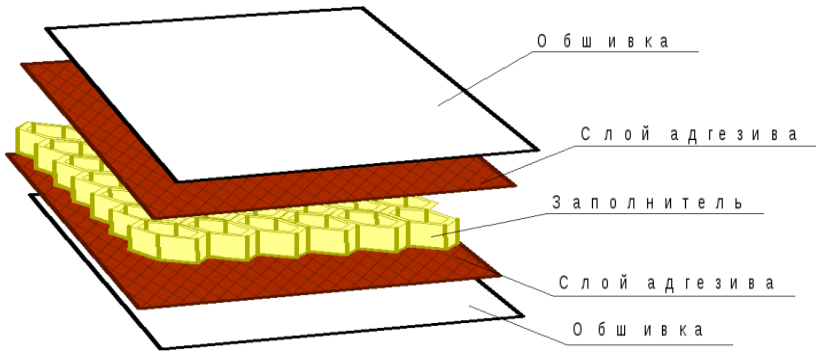


Рисунок 4. Пример применения адгезива в трехслойной конструкции.

Сварное соединение - неразъёмное соединение, выполненное сваркой. Сварное соединение включает три характерные зоны, образующиеся во время сварки: зону сварного шва, зону сплавления и зону термического влияния. Сварные соединения являются прочными, рабочие температурные нагрузки больше по отношению к паяным соединениям. Так как главной особенность свариваемости материалов является плавление, тут же появляется и недостаток такого соединения. Температурные воздействия на изделие велики и в результате образуются поводки и напряжения. Для устранения напряжений используется отжиг сварной конструкции, а во избежание поводок изготавливается оснастка, где сохраняется требуемая форма изделия. Такой процесс является затратным, из-за большого количества технологических операций по изготовлению.

Паяный способ соединения элементов конструкции, экономически выгоден, так как одно из главных преимуществ пайки, это возможность соединения за один прием в единое целое множества элементов составляющих изделие. При пайке не происходит расплавление кромок паяемых деталей, поэтому проще сохранить в процессе нагрева требуемые форму и размеры изделия. Низкотемпературная пайка позволяет сохранить неизменными структуру и свойства металла соединяемых деталей. Важное преимущество пайки, это разъёмность паянных соединений, делает ее незаменимой при монтажных и ремонтных работах.

Для спаиваемости элементов изделия необходимо учитывать в конструкции форму заполнителя, которая позволит расположить припой между поверхностями элементов, к примеру на рисунке 3 позиция 1 изображено сечения заполнителя, на который удобно расположить ленточный припой согласно рисунку 5.

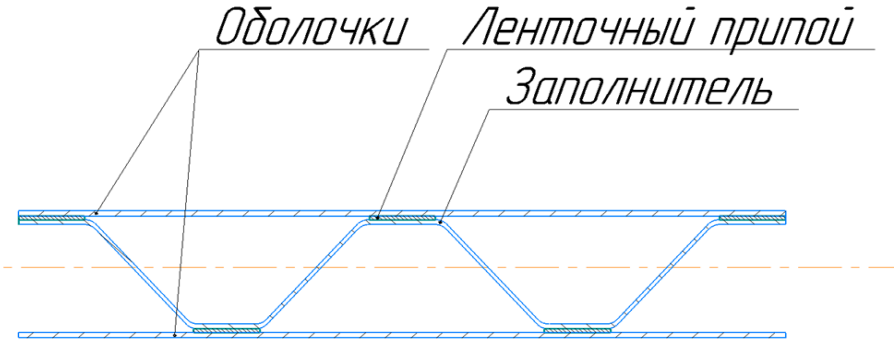


Рисунок 5. Пример расположения ленточного припоя для спаиваемости трехслойной конструкции.

Выбор припоя является одним из основных условий получения качественного соединения. Классификация припоев устанавливается по признакам:

- степени плавления при пайке;
- температуре расплавления;
- способу образования;
- основному компоненту;

- способностью к флюсованию;
- способу изготовления;
- виду полуфабриката.

Неотъемлемую роль в конструкции играет применяемый материал, стойкий к нагрузкам, влиянию окружающей среды, при необходимости выполняющий требование к легкости. Для применения трехслойной оболочки в авиастроении, к выше перечисленным критериям отлично подойдет нержавеющая сталь. Нержавеющая сталь – сталь, содержащая свыше 12% хрома, в атмосферных условиях показывающая высокую коррозионную стойкость и сохраняющая светлый металлический блеск. Существует множество способов спаиваемости нержавеющих элементов конструкции и различные припои обеспечивающие определенные прочностные свойства при определенных температурных условия эксплуатации изделия.

Из рекомендаций НИАТ по технологичности самолетных конструкций

Таблица 1. Припои, материалы, способы пайки для нержавеющих сталей и получаемые рабочие напряжения.

Материал	Припой	Способ пайки	Рабочее напряжение, кгс/мм2 при Т=20°С	Рабочее напряжение, кгс/мм2 при Т=300°С	Рабочее напряжение, кгс/мм2 при Т=500°С	Рабочее напряжение, кгс/мм2 при Т=800°С
1	2	3	4	5	6	7
Х18Н10Т	ВПр4	в вакуумной печи	25,0-28,0	-	-	-
		в печи в аргоне	14,0-17,0	11,0-13,5	12,0-13,0	-
		в электронно-лучевой установке	21,0-22,0	17,0-20,0	18,0-22,0	5,5-7,0
	ВПр2	в печи в аргоне	21,0-23,0	15,0-16,0	10,0-12,5	2,0-4,5
		в электронно-лучевой установке	32,0-34,0	27,0-37,0	22,0-27,0	4,0-6,0
		в печи в аргоне	25,0-30,0	-	-	-
		в печи в аргоне с (флюсом)	28,0-35,0	-	-	-
СН-2	ВПр2	в печи в аргоном	28,0-30,0	20,0-25,0	12,0-18,0	12,0-14,0
СН-4	ВПр13	в печи в аргоне	20,5-25,5	17,5-19,5	-	-
	ПСр92	в печи в аргоне	32,0-51,0	-	-	-
1Х13	ВПр4	в печи в аргоне	24,0-29,0	17,0-19,5	15,0-17,5	-
		в электронно-лучевой установке	21,0-25,5	20,0-23,0	16,0-17,0	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Х17Н2	ВПр4	в печи в аргоне (с флюсом)	28,0-30,0	26,0-27,0	15,0-19,5	-
			26,5-32,5	26,0-31,0	21,0-21,5	8,5-11,0
	Медь	в электронно-лучевой установке	16,5-22,5	10,5-13,0	6,5-10,5	4,5-5,5
ЭН835	ВПр2	В вакуумной печи	38,0-43,5	-	-	-
	ВПр4	В вакуумной печи	39,0-40,5	-	-	-
	ПМ17	В вакуумной печи	33,0-33,5	-	-	-
	Медь	В вакуумной печи	38,5-42,0	-	-	-

Список литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.1. - 9-е изд., переработ. и доп./ под редакцией И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2006.-928с. – ISBN 5-217-03343-6 (Т1).

2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.2. - 9-е изд., переработ. и доп./ под редакцией И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2006.-928с. – ISBN 5-217-03344-4 (Т2).

3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.3. - 9-е изд., переработ. и доп./ под редакцией И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2006.-928с. – ISBN 5-217-03345-2 (Т3).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 35ХГСЛ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ

Матвеева О. В., Бочагова Ю. Г., Григорьева А.Е.,
Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Сталь 35ХГСЛ широко применяется для изготовления: зубчатых колес, осей, валов, муфт и других ответственных деталей, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости. На практике имеет место проблема роста зерна после термической обработки, что сопровождается снижением прочности. Для измельчения зерна мы провели термическую обработку на 7 образцах и проследили этап рост зерна.

Целью и задачей настоящей работы – разработать и исследовать влияние термических режимов обработки в интервале температур от 870 ±10° С до 950 ±10° С для литой стали 35ХГСЛ с целью получения улучшенных эксплуатационных характеристик за счет формирования мелкозернистой структуры.

Выполняя термическую обработку согласно ОСТ 1.90093-82 обнаружили, что сплав становится с крупнозернистой структурой и не проходит механические испытания. Для достижения цели решили провести исследование.

Порядок проведения исследований.

Для исследований проследим на 7 образцах свидетелях этапы термообработки и формирования зерна. Химический состав образцов представлен в таблице 1 (ОСТ 1.90093-82).

Таблица № 1. Химический состав стали 35ХГСЛ в %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.3-0.4	0.6-0.8	1-1.3	до 0.3	до 0.04	до 0.04	0.6-0.9	до 0.3

Проводим термическую обработку согласно ОСТ 1.90093-82.Варианты термической обработки представлены в таблице 2. По микроструктуре и макроанализу проследим за ростом зерна.

Таблица 2.Термическая обработка стали 35ХГСЛ ОСТ 1.90093-82.

Марка стали	Вариант термообработки	Режим окончательной термообработки отливок-заготовок	Механические испытания					Твердость по Бриеллю
			Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$ кгс/мм²	Предел текучести $\sigma_т$ (%)	Удлинение δ_5 (%)	Сужение ψ	Ударная вязкость KCU(кДж/м^2)	

		для контрольных образцов						
35ХГСЛ	1	Закалка с 890±10° С, в масле, отпуск при 630-670° С	780(80)	590 (60)	12	30	49 (5)	4.9-3.65
	2	Закалка с 890±10° С, в масле, отпуск при 570-630° С	980(100)	835 (65)	9	25	29 (3)	3.65-3.35

Образец № 1

Исходный образец (без термической обработки). Литой образец марки 35ХГСЛ имеет структуру феррит-перлит (рис 1.). Излом имеет мелкокристаллическую структуру (рис.1.1).

Образец № 2

Провели нормализацию 870 ±10° С в защитной среде (аргон) 1час с последующем охлаждении на воздухе (рис.2). Излом характерен зарождением крупного зерна в середине (рис.2.1).

Рис.1. Микроструктура литого образца 35ХГСЛ.(×200)

Рис.1.1 Излом образца стали 35ХГСЛ

Рис.2. Микроструктура образца после нормализации (×200).

Рис. 2.1.Излом образца № 2 после нормализации.

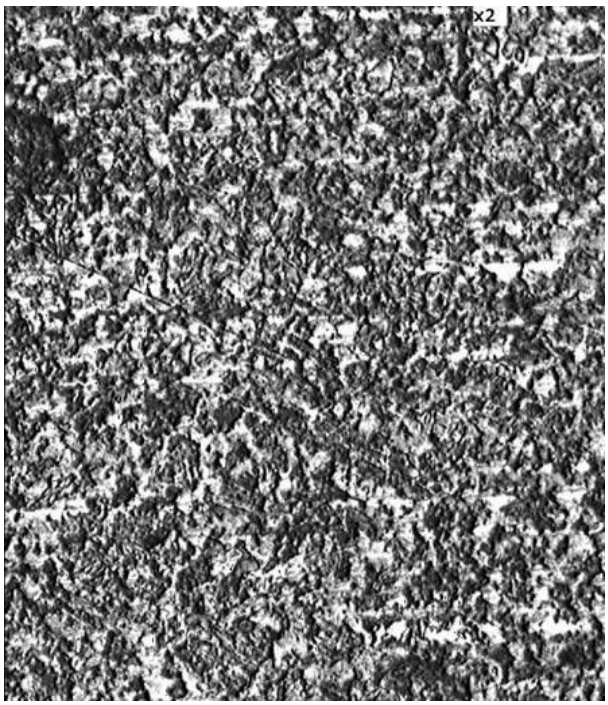


Рис.3. Структура образца стали 35ХГСЛ зернистый перлит. .(×200)

Рис.3.1. Излом образца стали 35ХГСЛ.

Образец № 3

Образец после нормализации 870±10° С в защитной среде (аргон) и последующего отпуском 680±10° С 2-3 часа охлаждение на воздухе. Образование камневидного излома в середине (рис. 3.1).

Образец № 4

Образец после термической обработки нормализации 870 ±10° С, отпуска и последующей закалки 860±10° С (с последующем охлаждении в масле) и отпуска. В результате макроанализа, видим крупнозернистый излом рис. 4.1.

Образец не соответствует механическим испытаниямОСТ 1.90093-82. Механические свойства исследуемой стали после термической обработки представлены в таблице №3.

Таблица №3.Механические свойства исследуемой стали после термической обработки образца №4.

Марка стали	Механические свойства				
	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$кгс/мм²	Предел текучести $\sigma_т$ (%)	Удлинение δ_5 (%)	Сужение ψ	Ударная вязкость KCU(кДж/м^2)
35ХГСЛ	105	92.5	8,0	21	2.8

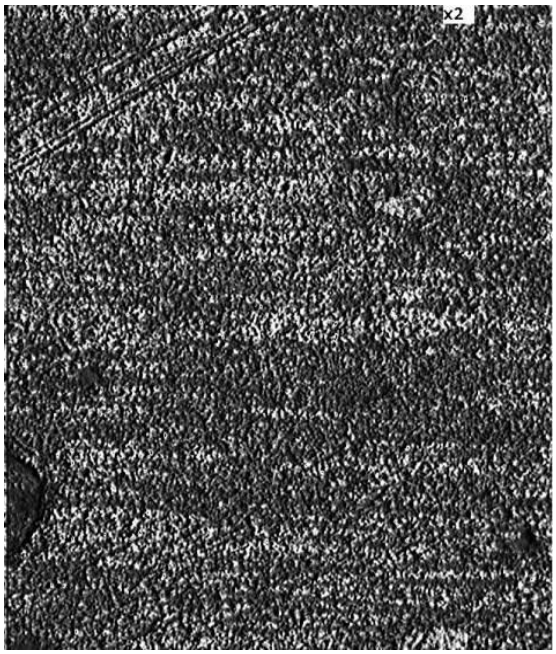


Рис. 4. Микроструктура образца марки 35ХГСЛ после полной термообработки (×200).

Рис. 4.1.Крупнозернистый излом образца сплава 35ХГСЛ.

Образец №5

После первого эксперимента увеличили температуру нормализации выше критической точки (Ac3=840^{o}C) t нормализации 950±10° С время выдержки 90 минут. Образование мелкозернистого перлита рис 5.

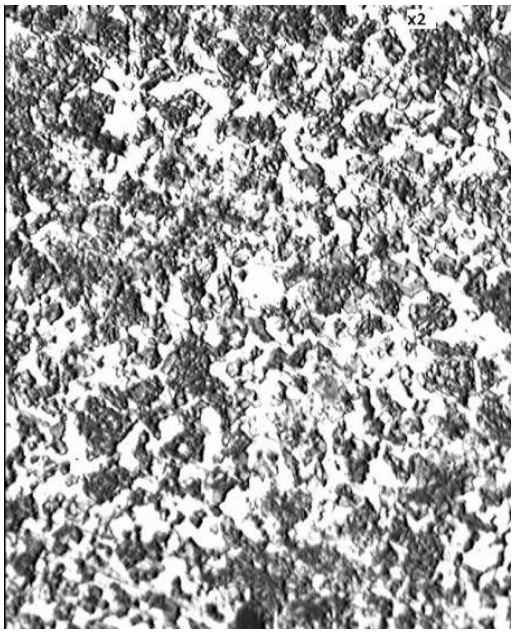


Рис.5 Микроструктура образца стали 35ХГСЛ после нормализации(×200).

Рис. 5.1.Излом образца стали 35ХГСЛ после повышения температуры нормализации.

Образец № 6

Структура образца после нормализации 950±10° С, 90 мин и последующим отпуском 570±10° С. Образование мелкозернистого перлита.

Рис. 6. Микроструктура стали 35ХГСЛ после нормализации и отпуска(×200).

Рис 6.1. Излом образца стали 35 ХГСЛ после нормализации и отпуска.

Образец № 7

Образец стали 35ХГСЛ после полной термической обработки. Нормализация 950±10° С 90 мин, закалка 860±10° С 15 минут с последующим охлаждением в масле, отпуск 630±10° С. По макроанализу можно судить, что структура стала мельче, чем у образца под номером 4 (рис.4). В таблице № 2 приведены механические испытания.

Таблица №4 Механические свойства исследуемой стали после термической обработки образца №7.

Марка стали	Механические свойства				
	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$ кгс/мм²	Предел текучести $\sigma_т$(%)	Удлинение δ_5(%)	Сужение ψ	Ударная вязкость KCU(кДж/м^2)
35ХГСЛ	105	94	12,0	25	4,5

Рис.7. Микроструктура образца сплава 35ХГСЛ (×200).

Рис.7.1 Излом образца стали 35ХГСЛ после полной термической обработки.

Вывод

После термической обработки по схеме 2 наблюдаем улучшение механических свойств, таких как пластичность, вязкость, нечувствительность к хрупкости и уменьшение зерна, сталь получила оптимальный комплекс механических характеристик.

Список литературы

1. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов [и др.]; [под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина]. – 8-е изд.,

стер. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с. : ил. – (Учебник для технических вузов). – Библиогр.: с. 630-631. – Предм. указ.: с. 632-637.

2. Гуляев, А. П. Металловедение [Текст] : учеб. для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1986. – 541 с.

3. Геллер, Ю. А. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1989. – 455 с.

4. Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст] : учебник / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс, 2013, 2014. – 528 с. – Библиогр.: с. 520.

ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ РАКОВИНЫ НА МЕСТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ОТЛИВКЕ

Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Коваль С.Ю., Деревянкин Д.В.
Оренбургский государственный университет

При применении различных способов литья инженеры нередко сталкиваются проблемой уменьшения прочностных характеристик того или иного изделия вследствие появления литейных дефектов. Для более точного понимания механизма изменения напряжений в зависимости от положения, размера и характера дефекта предлагается производить моделирование напряженно-деформированного состояния отливок, содержащих дефекты [1, 2]. В данном исследовании изучалось изменение местных напряжений в стержневой стальной отливке при различных радиальных положениях литейной раковины.

Для моделирования использовалась программа Autodesk Fusion, в которой создавалась твердотельная модель отливки длиной 500 мм, имеющей круглое поперечное сечение диаметром 30 мм (рисунок 1). В отливке моделировалась сферическая раковина диаметром 3 мм. Отливка одним концом жестко защемлялась, затем моделировались нагрузки (поперечная сила – 10000 Н, изгибающий момент 300 Н·м), приводящие к кручению и изгибу отливки (рисунки 2, 3).

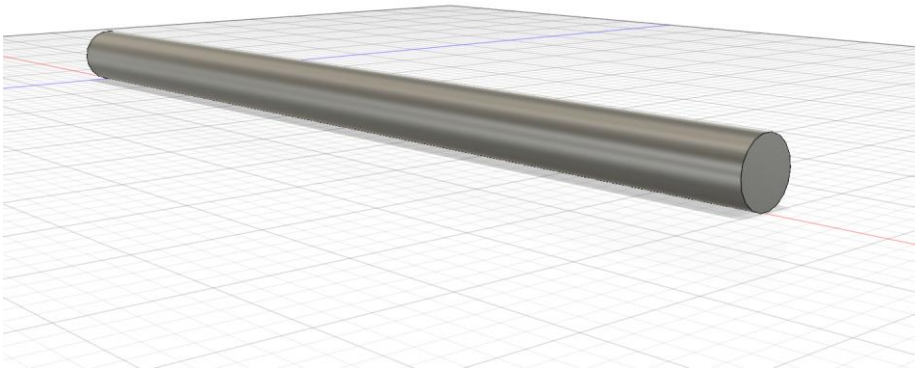


Рисунок 1 – Твердотельная модель отливки

В процессе моделирования положение центра раковины перемещалось от продольной оси отливки в радиальном направлении с шагом 0,5 мм и определялись максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в сечении отливки (рисунки 4, 5). Графики изменения данных напряжений при кручении и изгибе представлены на рисунках 6 и 7.

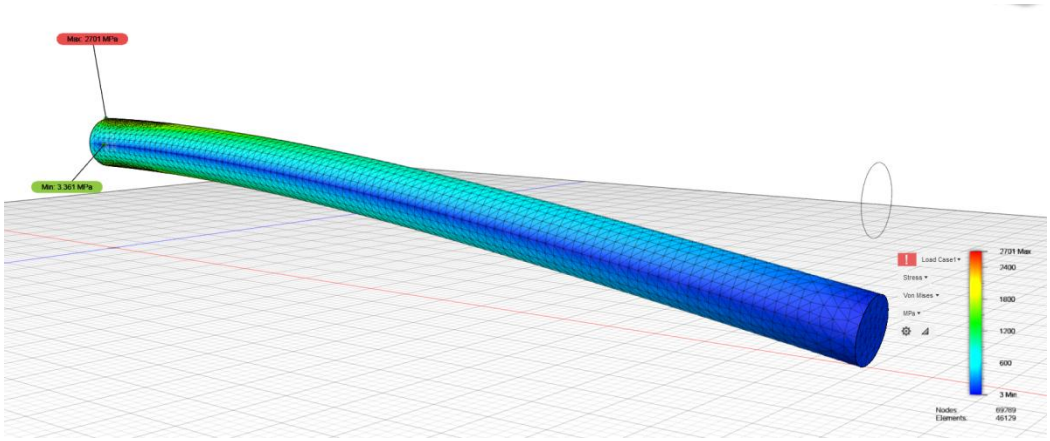


Рисунок 2 – Конечно-элементная сетка при изгибе

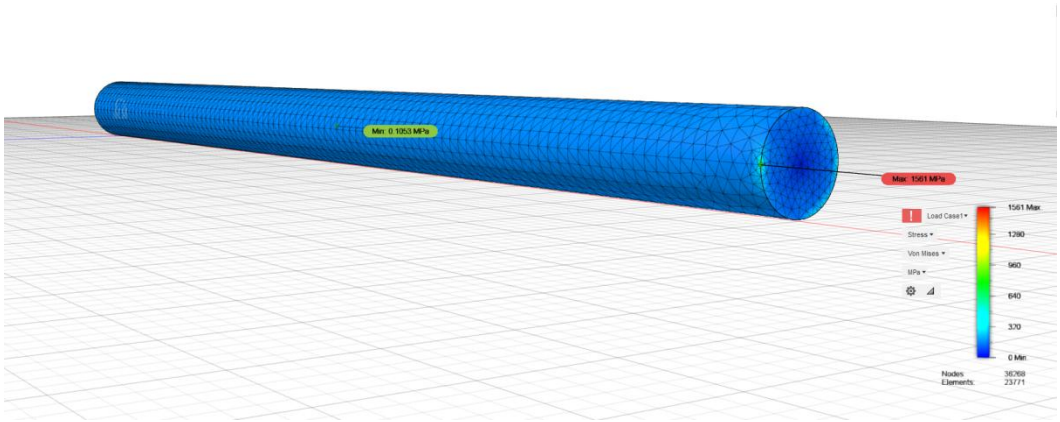


Рисунок 3 – Конечно-элементная сетка при кручении

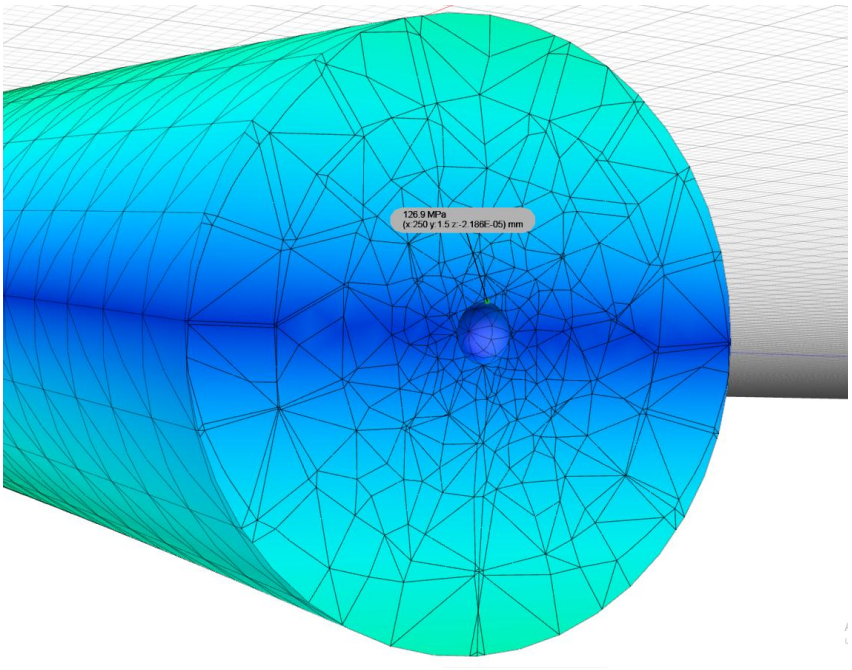


Рисунок 4 – Литейная раковина вблизи центральной оси

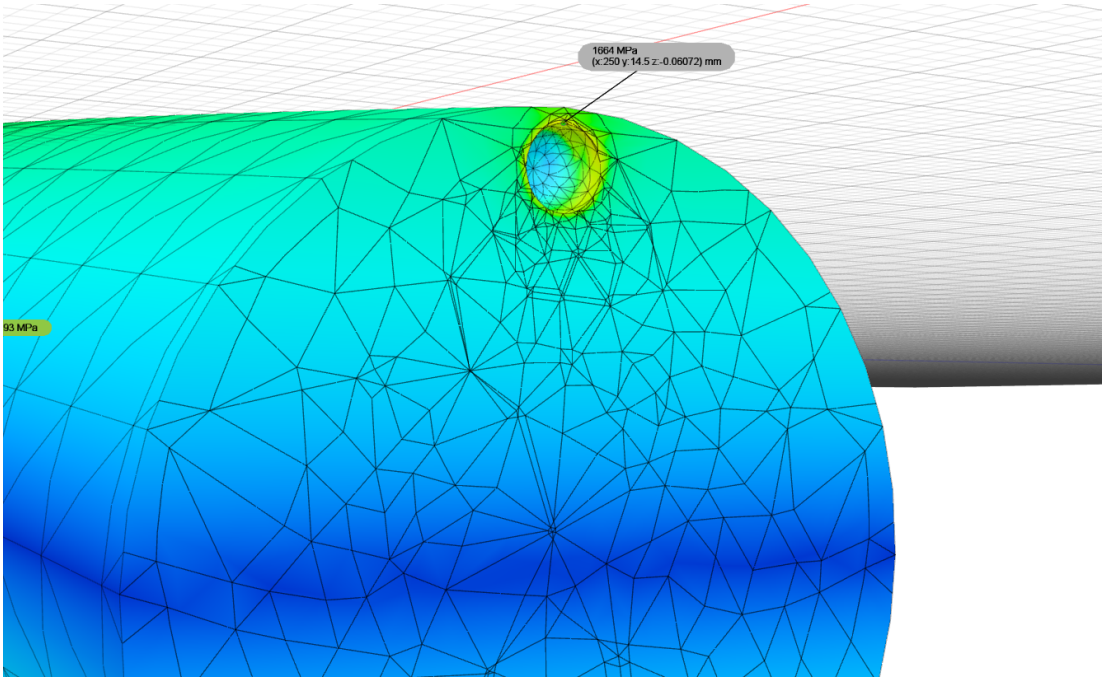


Рисунок 5 – Литейная раковина вблизи поверхности отливки

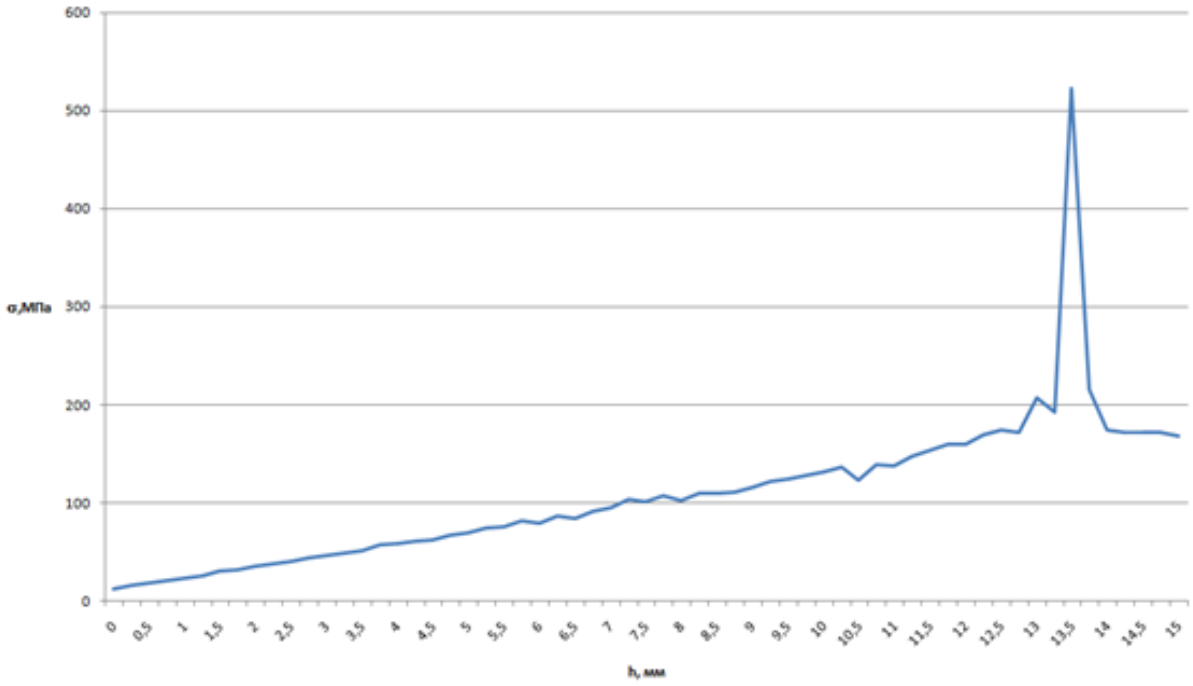


Рисунок 6 – Зависимость между максимальными напряжениями в сечении и радиальным расстоянием от центра раковины до продольной оси отливки при кручении

Как видно из рисунков при приближении раковины к внешнему краю стержня местные напряжения существенно возрастают. Таким образом, раковины, находящиеся вблизи поверхности стержня будут наиболее опасными, так как являются концентраторами напряжений.

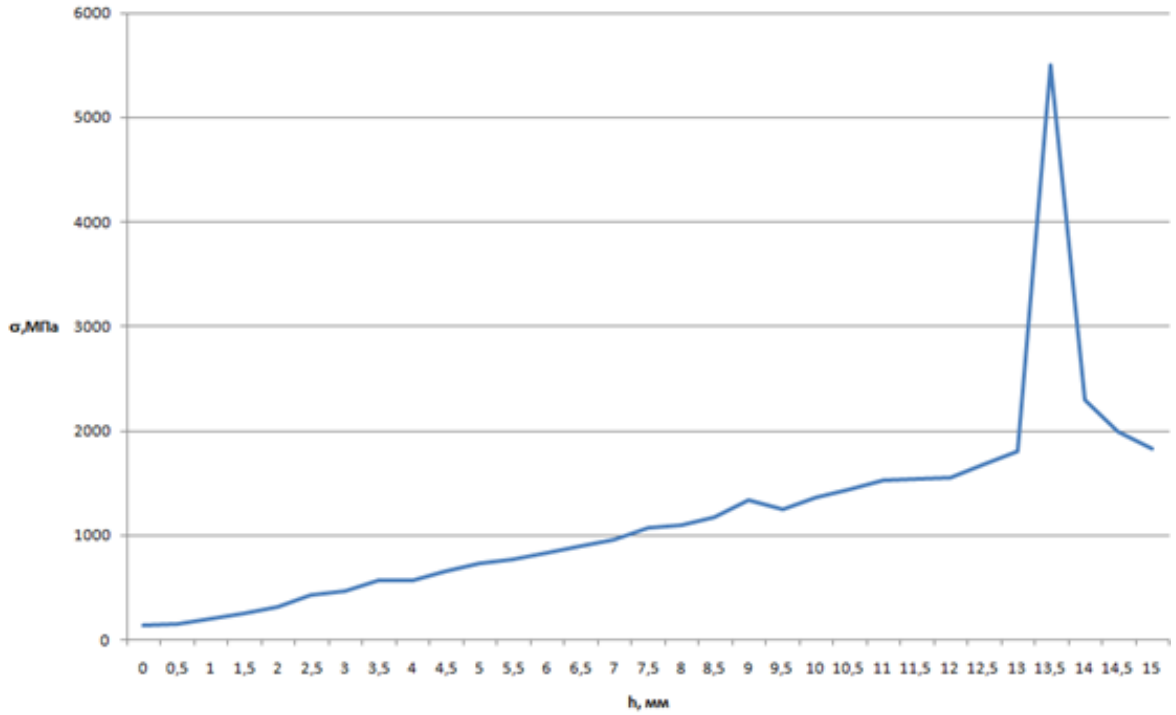


Рисунок 7 – Зависимость между максимальными напряжениями в сечении и радиальным расстоянием от центра раковины до продольной оси отливки при изгибе

Список литературы

1 Деревянкин, Д. В. Моделирование процесса литья металла / Д.В. Деревянкин // Сборник материалов Международной молодежной научной конференции: «Студенческие научные общества – экономике регионов». I часть – Оренбург: Издательско-полиграфический комплекс ОГУ, 2018. – С.225-228. –ISBN 978-5-7410-2164-4 (Ч - 1)

2 Гаврилов, А. А. Прочностные аспекты моделирования изгибных колебаний тонкостенных стержней / А. А. Гаврилов, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет", 2013. – С. 494-500

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ РАМЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ТОНКОСТЕННОЙ ПРОФИЛЬНОЙ ТРУБЫ

Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Гаврилов А.А., канд.техн.наук, Морозова И.А.
Оренбургский государственный университет

Тонкостенные рамные конструкции нашли большое применение в различных отраслях, в частности широко используются при изготовлении авиационной техники. Анализ колебаний данных конструкций осуществляется с помощью конечно-элементного моделирования [1, 2, 3] или с использованием аналитических методов [4, 5 ,6]. Для проверки результатов, получаемых с помощью данных теоретических методов необходимы экспериментальные исследования.

Были исследованы колебания сварной прямоугольной рамы (с размерами 560 мм на 760 мм), выполненной из прокатного профиля 30х60х2 (ГОСТ 8645-68). После установки на стол вибростенда V8-440 HBT 900 CM8R на раму были закреплены датчики ускорений 352C04 (рисунок 1).

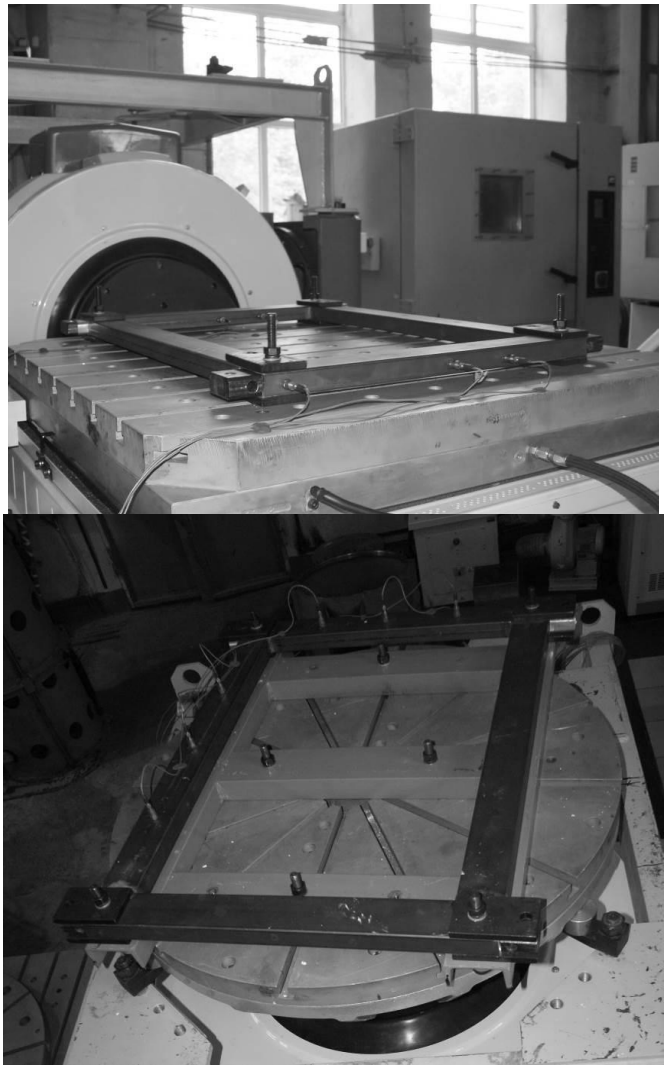


Рисунок 1 – Рама с датчиками

Колебания рамы проводились в двух взаимно перпендикулярных направлениях в соответствии с ГОСТ 30630.1.1- 99 «Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Определение динамических характеристик конструкции» по методу плавного изменения частоты синусоидальных колебаний. Для упрощения визуализации графики амплитуд и перемещений представлены по четырем датчикам (рисунки 2, 3).

Полученные экспериментальные данные предлагается использовать при оценке погрешности моделирования колебаний рамных конструкций.

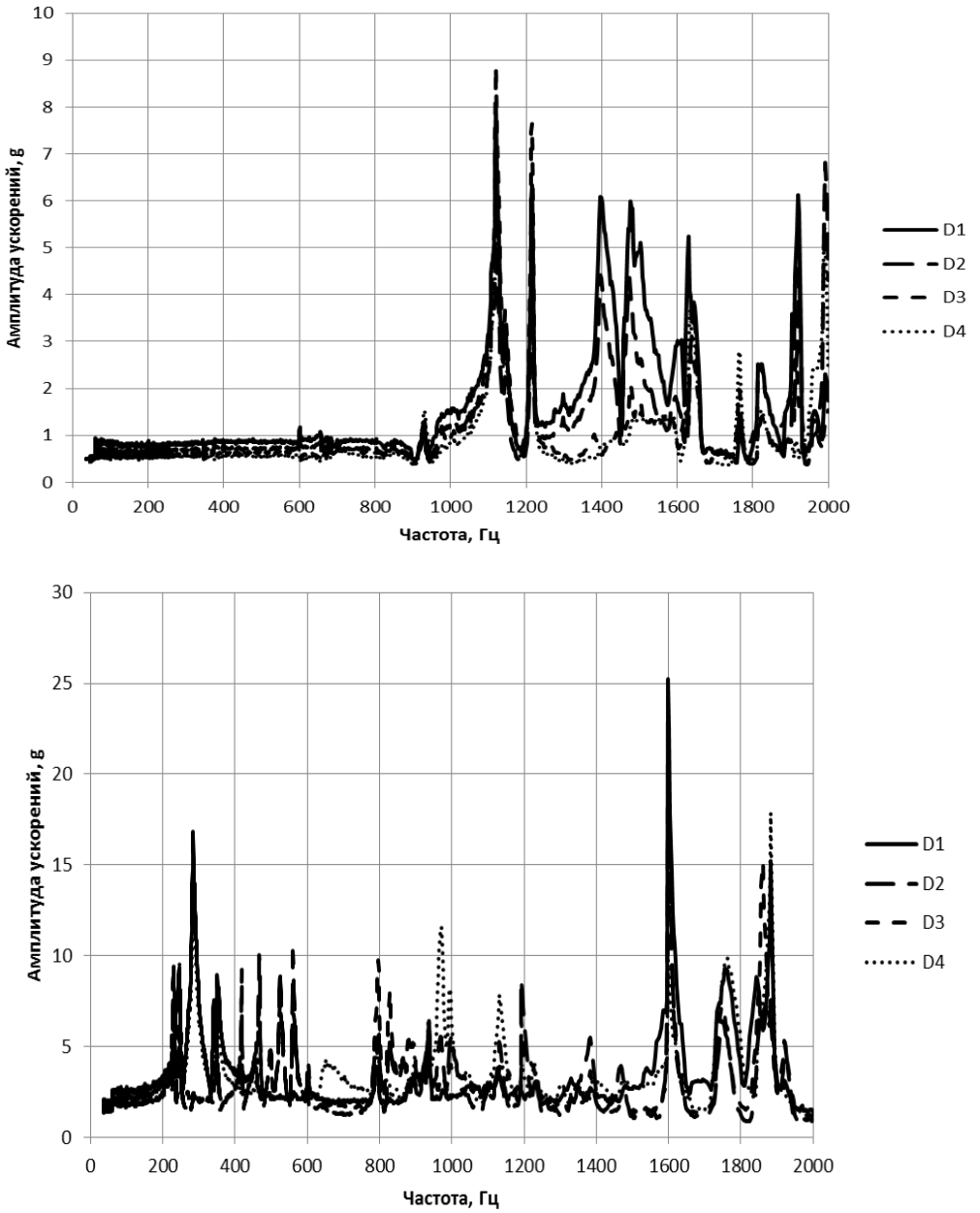


Рисунок 2 – Зависимости амплитуд ускорений датчиков от частоты колебаний

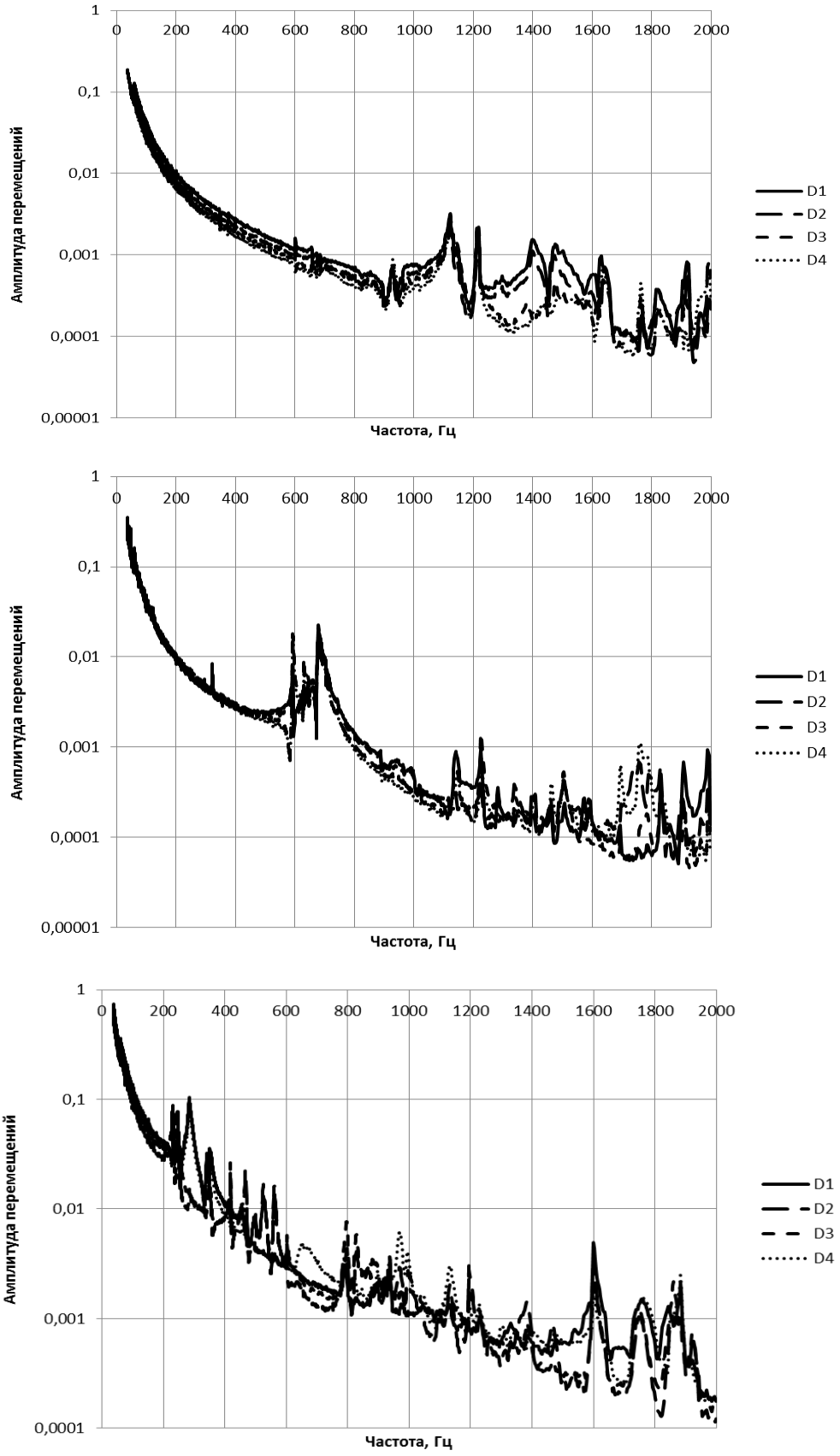


Рисунок 3 – Зависимости амплитуд перемещений датчиков от частоты колебаний

Список литературы

1. Морозов, Н. А.Оптимизация параметров композитных обшивок сухих отсеков летательных аппаратов с помощью Nastran / Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов, А. А. Гаврилов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9 (184). – С. 164-169. – ISSN 1814-6457

2. Морозов, Н. А. Влияние геометрических характеристик стрингеров на устойчивость подкрепленных цилиндрических обшивок летательных аппаратов / Н. А. Морозов, С. Д. Изенин // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург , 2015. – С. 77-81. – ISBN: 978-5-7410-1180-5

3. Морозов, Н. А. Оптимизация параметров обшивок сухих отсеков ракет, выполненных из композиционных материалов / Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов, А. А. Гаврилов // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник трудов двенадцатой международной научно-практическая конференции, посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета / Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург , 2015. – С. 282-286. – ISBN: 978-5-9723-0168-3

4. Гаврилов, А. А. Влияние геометрических характеристик сечений на значения частот свободных изгибных колебаний тонкостенных прямолинейных стержней / А. А. Гаврилов, Л. И. Кудина, Г. В. Куча, Н. А. Морозов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 5(124). – С. 146-150. – ISSN 1814-6457

5. Гаврилов, А. А. Методика расчета собственных частот кран-балок / А. А. Гаврилов, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 1(176). – С. 212-217. – ISSN 1814-6457

6. Гаврилов, А. А. Формы и частоты колебаний многопролетных неразрезных подкрановых балок / А. А. Гаврилов, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов, А. В. Колотвин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – № 3. – С. 922-925. – ISSN 1810-0198

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ

Никитин Н.А., Крылова С.Е. канд. техн. наук, доцент,
Кучмий А.Ю.,Панферов М.А.
Оренбургский государственный университет

Научно найдены методы нанесения покрытий, наиболее оптимальным из которых выбран метод КИБ (конденсация и ионная бомбардировка), относящийся к методам физического осаждения покрытий. Характерной особенностью покрытий, получаемых этим методом, является отсутствие переходной зоны между покрытием и инструментальным материалом. Это даёт возможность получать комплекс свойств на рабочих поверхностях инструмента, не ухудшая характеристик основы инструмента.

Распространенным однослойным износостойким покрытием на инструмент является покрытие на основе циркония (Zr). Данное покрытие имеет золотистый цвет, обладает высокой пластичностью, с легкостью поддается холодной и горячей обработке, твердость 23 ГПа, коэффициент трения по стали – 0,3.

Покрытия типа Zr применяют для устойчивости к соляной кислоте и расплавленных щелочных металлах. Получение циркониевых покрытий представляет значительный интерес в связи с их высокими антикоррозионными свойствами. Наносят это покрытие на установках ВУП, которые служат для формирования тонкопленочных покрытий микро- и нанометрового диапазона.

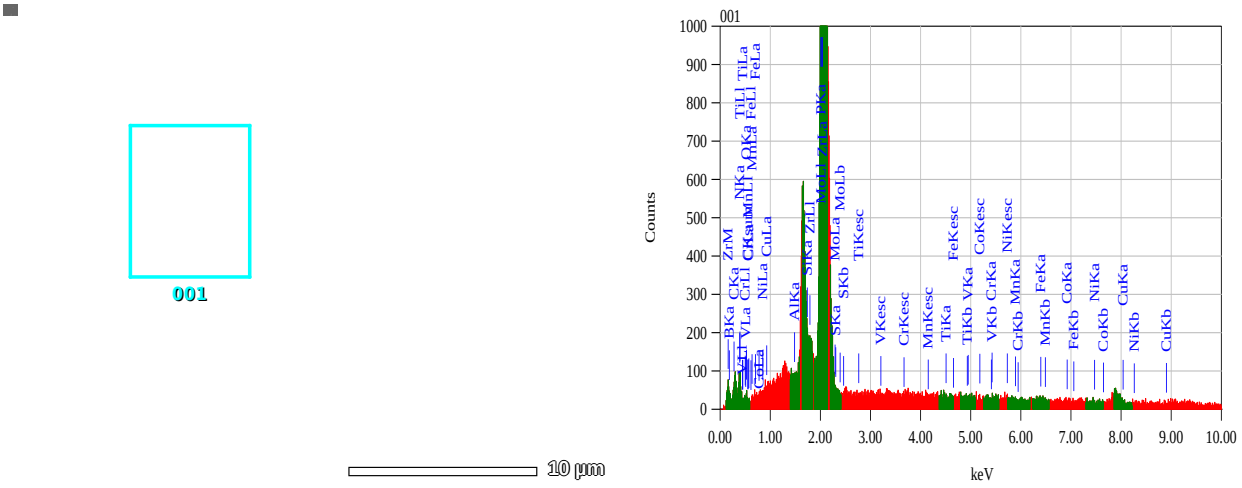
Целью работы является изучение структуры химического или фазового состава поверхностного слоя коррозионностойких сталей после нанесения покрытия Zr ионно-плазменным методом.

Структура поверхности покрытия, полученного в указанных условиях представлена на рисунке 1. Микроструктурные исследования выполняли методом электронной растровой микроскопии на приборе JEOL – 6000 NeoScope (EX – 54400T1L11) с использованием энергодисперсионного рентгеновского анализатора.

Структура поверхности покрытия, полученного в указанных условиях представлена на рисунке 1, в таблице 1.

Структурные исследования поверхности полученного покрытия показали, что в изучаемом объекте наблюдается сложное строение. В спектре 001, являющимся областью металлической основы покрытия, растворены легирующие элементы следующего состава: Zr – 91.12 %, B – 6,68 %, N – 0.70%, Co – 0,28.

Полученное покрытие имеет мелкозернистую структуру равномерно распределенными мелкими карбидами и характеризуется следую-щими свойствами: плотность 6.11 г/см^3, температура плавления 3245□ C, твер-дость 23ГПа, модуль Юнга 540 кН/мм^3, коэффициент термического расширения5.9·1 0^6 К-1.



а б

а – фото микроструктуры, б – спектр 001

Рисунок 1 – Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя покрытия

Техника реализации и сущность метода микрорентгеноспектрального анализа методом электронной микроскопии предусматривает определение полного спектра химических элементов в выделенном объеме сплава, однако точный фазовый состав при этом остается неизвестным.

Таблица 1 – Химический состав спектра 001, в % по массе

B	C	N	O	Zr	Ni	Al	S	Co	Fe
6,68	0,70	0,70	0,16	91,12	0,10	0,02	0,01	0,28	0,23

Для выявления качественного фазового состава полученного покрытия использовали рентгеновский минидифрактометр МД-10. Результаты рентгенографических исследований представлены на рисунках 2,3 и в таблицах 3, 4

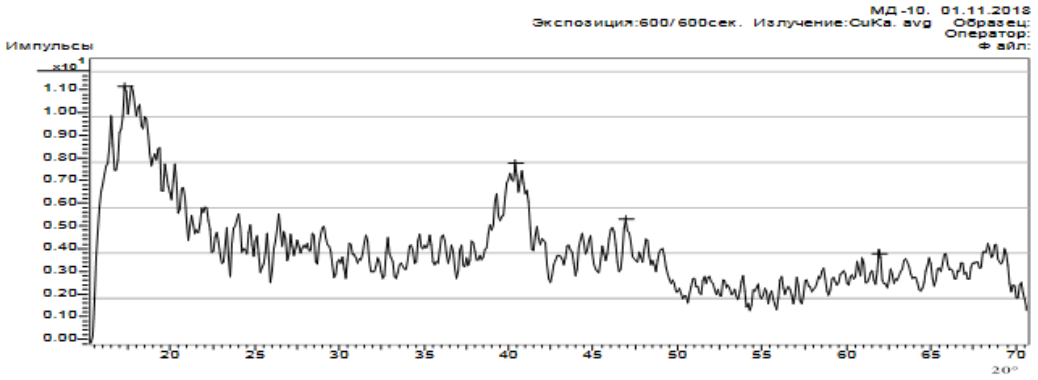


Рисунок 2 – Рентгенограмма покрытия Zr на стали в интервале углов 20° от 0° до 70°

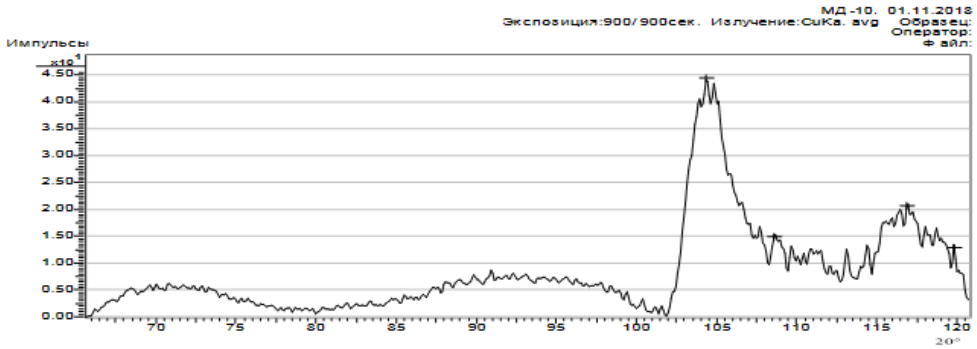


Рисунок 3 – Рентгенограмма покрытия Zr на стали в интервале углов 20° от 70° до 120°

Таблица 3 – Кристаллографические характеристики идентифицированных в покрытии фаз

№ пика	d	HKL	Фаза
1	5.1	100	ZrO_2
2	2.315	200	ZrN
3	1.88	102	Zr
4	1.48	312	ZrO_2

Таблица 4 – Кристаллографические характеристики идентифицированных в покрытии фаз

№ пика	d	HKL	Фаза
1	0,97	212	Zr
2	0,95	412	ZrC
3	0,80	224	Co_2B
4	0,89	213	Zr

Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ позволил установить тип оксидных соединений полученного покрытия. Так в матрице сплавана железной основе равномерно распределены специальные оксиды ZrO_2 и боридные соединения, идентифицированные как Co_2B , позволившие получить твердость поверхности в пределах 22,5 –23 ГПа.

Проведенные структурные исследования свидетельствуют, что полученное комплексно-легированное покрытие имеет мелкозернистую структуру с равномерно распределенными мелкими карбидами, что позволяет его использовать в качестве рабочего слоя при изготовлении и упрочнении режущего инструмента для различных металлообрабатывающих станков.

Список литературы

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

2. Бондарь А.В., Смоленцев Е.В. Криогенно-эрозионное упрочнение металлических изделий // Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. №4. С. 17-22.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ СТАНЦИЯ И МОДУЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АГРАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

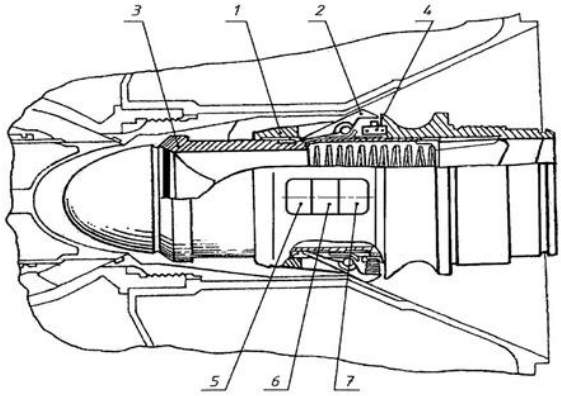
Николаенков А. А.
Оренбургский государственный университет

Автоматизация процессов – это одна из главных задач, которая актуальна во многих отраслях промышленности. Актуальной задачей в аграрной промышленности является автоматизация процесса внесения удобрений в почву. Распыление жидких удобрений при помощи беспилотного летательного аппарата в автоматическом режиме – один из перспективных методов внесения удобрений в почву. Одно из условий автоматизации распыления удобрений – создание заправочной станции, которая смогла бы обеспечивать необходимую дозаправку топливом и жидкими удобрениями в автоматическом режиме. Данная технология позволит уменьшить время на подготовку аппарата к распылению и сократит общее время обработки территории.

При достижении минимального уровня топлива, датчик, установленный в топливном баке, даст сигнал о том, что топливо заканчивается и квадрокоптер по запрограммированному маршруту переместится к автоматической заправочной станции и приземлится в контрольной точке, которая предварительно будет загружена в базу данных квадрокоптера. Перед приземлением включается, сенсор, сканирующий метку на площадке, для того, чтобы аппарат смог повернуться в пространстве относительно заправочной станции нужным образом. Сигнал о приземлении в правильном положении и в правильном месте передается на заправочную станцию и начинается процесс заправки.

Процесс заправки начинается с выпуска из ниши станции передвижной заправочной штанги, имеющей на конце датчик, который предназначен для определения соосности топливоприемника [1] с заправочной штангой. После достижения соосности происходит сцепка заправочной штанги и топливоприемника посредством соединительного устройства (электромагнита). Подается сигнал к выдаче топлива в необходимом количестве. Также имеется возможность во время заправки бака с топливом дозаправить бак с жидкими удобрениями. Заправка бака с жидкими удобрениями происходит аналогичным образом. По окончанию заправки оператору на панель управления передаются данные о количестве залитого топлива удобрений и дальнейший маршрут беспилотного летательного аппарата.При работе приемника топлива возникает необходимость определения числа контактов приемника топлива с конусом-датчиком топлива. Это необходимо для того, чтобы отслеживать ресурс работы (определенное число контактов), который определяет надежность работы приемника топлива.При вхождении головки 1 в приемник гнезда конуса фиксатор топливного клапана утапливается в корпус головки, освобождая топливный клапан 3 и включая концевой выключатель 4.Топливный клапан

герметизируется в приемном гнезде, а корпус головки, разжимая замки конуса, перемещается до закрытия замков. В момент постановки головки на замки происходит соударение корпуса головки с внутренней поверхностью приемного гнезда. Конструкция топливоприемника представлена на рисунке 1.



1-приемник топлива, 2 - фиксатор, 3 - топливный клапан, 4- концевой выключатель, 5 - пьезоэлектрический акселерометр, 6 - емкостной накопитель напряжения, 7 - счетчик электрических импульсов

Рис. 1. Конструкция топливоприемника.

Топливоприемник снабжен автономным регистратором числа контактов.

Компоновка автоматической заправочной станции

Автоматическая заправочная станция состоит из: подземного резервуара хранения топлива, технологического отсека приема топлива, резервуара для хранения жидких удобрений, топливораздаточной колонки, колонки для выдачи жидких удобрений, заправочных трубок, аппаратуры приемника команд, аппаратуры излучения управляющих сигналов, процессора, обрабатывающего команды, датчика уровня топлива, датчика уровня удобрений, дозирующих устройств, насоса для перекачки топлива, дыхательного устройства, предназначенного для нормализации давления внутри резервуара, приемного клапана, который не дает сливаться топливу с трубопроводов и всего оборудования обратно в резервуар, что позволяет уменьшить расход электроэнергии и времени, топливного фильтра, электромагнитного клапана, контролирующего подачу топлива, источника энергии.

Размещение резервуара для хранения топлива под землей целесообразно для обеспечения безопасности процесса заправки и требует наличие насоса, а резервуар с жидкими удобрениями выгоднее всего расположить выше бака с удобрениями, что позволит заполнять бак для жидких удобрений самотеком без задействования дополнительной энергии. Кроме всего перечисленного автоматическая станция должна иметь достаточную пожаробезопасность. Датчики системы автоматического пожаротушения должны быть установлены на станции. Резервуар, в котором хранится топливо, должен иметь заземление, для предотвращения накапливания статического электричества.

Бортовой компьютер квадрокоптера имеет программное обеспечение, которое можно разделить на:

- модуль управления параметрами полета;
- модуль предоставления графической информации;
- модуль управления параметрами распыления;
- модуль навигации квадрокоптера.

Модуль управления параметрами полета ведет учет расхода топлива и отвечает за регулирование:

- высоты полета относительно опыляемой поверхности;
- скорости перемещения квадрокоптера;
- угла наклона относительно горизонтальной плоскости.

Регулирование скорости и высоты полета происходит за счет специального модуля, отвечающего за регулирование подачи топлива дроссельной заслонкой в камеру сгорания двигателя [2]. Когда на пульте управления нажимается курок или поворачивается рулевое колесо, приемник внутри модели тут же принимает посланный с пульта сигнал. Сигнал обрабатывается в приемнике, и соответствующее устройство в конструкции квадрокоптера приводится в действие. При нажатии на кнопку газа, регулятор скорости получит сигнал к изменению оборотов двигателя, и через передачу винты квадрокоптера начнут вращаться быстрее или медленнее. Мотор, как и электроника приемника с регулятором скорости, питается от батареи. При нажатии на газ, сервомотор станет двигать заслонку карбюратора, и топливно-воздушная смесь будет подана в цилиндр потоком определенного объема и скорость движения квадрокоптера изменится. Для питания сервомоторов используется батарея.

Передатчик представляет собой в простейшем виде высокочастотный генератор и низкочастотный модулятор [3]. Модулятор включает высокочастотный генератор с частотой команды. Излучаемый антенной пульта, модулированный высокочастотный сигнал принимается приемником, установленным на квадрокоптере. Приемник содержит усилитель низкой частоты, высокочастотный каскад и электронное реле. Высокочастотный каскад усиливает и детектирует принятый сигнал, затем сигнал фильтруется, и отфильтрованный сигнал поступает на вход усилителя низкой частоты. Ток низкой частоты сигнала команды действует на эмиттерный повторитель, который приводит к срабатыванию реле в цепи питания соответствующего двигателя.

Модуль предоставления графической информации отвечает за передачу обработку и преобразование поступающих электрических сигналов от датчиков систем в графическую информацию, которая передается оператору на пульт управления.

Модуль управления параметрами распыления отвечает за регулирование:

- расхода жидкого удобрения;
- давления, создаваемого насосом опрыскивателя.

Управление давлением в опрыскивателе позволяет регулировать угол распыла и дисперсию капель, настроить нужный режим распыления удобрения.

Модуль навигации квадрокоптера выполняет следующие функции:

- прокладывает маршрут перемещений квадрокоптера по обрабатываемой территории;

- ведет учет пройденного маршрута;

- запоминает последние точки распыления;

- при низком уровне топлива прокладывает маршрут от текущего месторасположения до заправочной станции и обратно.

Список литературы

1 .Информационный портал российских изобретателей. [Электронный ресурс]: каталог патентов. Режим доступа http://bankpatentov.ru/node/533853

2. Модуль дистанционного управления дроссельной заслонкой карбюратора двигателя внутреннего сгорания. [Электронный ресурс]: патентный поиск. - Режим доступа : http://www.findpatent.ru/patent/218/2182671.html

3. Электронный журнал электрика. Устройство радиоуправляемых моделей. [Электронный ресурс]: сборник статей; автор и редактор статьи Андрей Повный. - Режим доступа : http://electrik.info/device/1177

УСТРОЙСТВА И ПРИВОДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЗАДАННЫЙ РЕЖИМ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АГРАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Николаенков А.А., Луцев А.С., Осипов Е.В., канд.техн.наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Полет беспилотного летального аппарата (БПЛА) аграрного назначения предполагает перемещение аппарата по заранее проложенной траектории, на определенной высоте, с определенной скоростью и углами ориентирования в пространстве. Также программное обеспечение должно иметь модуль, помогающий прокладывать оптимальный маршрут при порывах ветра и возвращать летательный аппарат в исходное положение траектории полета, модуль для контроля расхода топлива и модуль для автоматического контроля параметров режима распыления жидкостных удобрений. Процесс управления параметрами полета происходит следующим образом: датчики, считывающие параметры полета и режима распыления жидкого удобрения передают информацию на пульт управления, где переданная информация обрабатывается и выводится на экран. Система автоматического управления выдаст управляющий сигнал, корректирующий параметры полета и распыления в случае отклонения параметра от заданных значений, на рабочий привод узла (сервопривод), отвечающего за управление данным параметром.

Для автономного функционирования беспилотного летательного аппарата в бортовой компьютер встроена система, содержащая программное обеспечение автопилота. Задачами бортового комплекса управления является[1]:

1. Передача управляющих сигналов на рабочий привод узла (сервопривод);
2. Обеспечение бесперебойного сообщения между бортовым компьютером БПЛА и наземным пультом управления;
3. Сбор и передача данных о количестве топлива в баке, об остатке жидких удобрений, заряда батареи.
4. Сбор и передача телеметрических параметров и параметров режима распыления жидких удобрений.

Основными функциями наземного комплекса управления является:

1. Обеспечение работы БПЛА аграрного назначения сетью интернет и GPS навигацией.
2. Корректировка параметров полета в случае изменения погодных условий;
3. Представление информации, принятой от бортового компьютера БПЛА, в графическом виде на мониторе пульта управления;
4. Отражение результатов функционирования системы распыления жидких удобрений;

5. Прокладка оптимального маршрута перемещения БПЛА, по которому будет происходить распыление жидких удобрений.

Отдавать команду на часто выполняемые действия БПЛА, таких как: взлет, заправка топливом и жидкими удобрениями, посадка, возврат, распыление удобрений, перемещение по заданному маршруту - можно предоставить право компьютеру наземного комплекса в автономном режиме. Для этого необходимо запрограммировать правильную последовательность дачи этих команд. Например, после заправки топливом всегда будет идти команда «взлет», затем «перемещение по заданному маршруту», затем «распыление удобрений».Данное решение позволит увеличить долю автономности наземного комплекса и свести к минимуму количество человеческих ошибок при управлении БПЛА.

1 Управление системами беспилотного летательного аппарата аграрного назначения

Автоматическое управление параметрами любой из систем, входящих в комплекс БПЛА имеет общий принцип. Например, управление режимом полета БПЛА осуществляется следующим образом: приемник, установленный на беспилотном летательном аппарате, принимает управляющий сигнал от поста управления или бортового компьютера о корректировке параметров режима полета, передает сигнал на сервопривод, который осуществляет управление топливной заслонкой двигателя, что позволяет менять объем топливной смеси, поступающий в камеру сгорания и менять скорость вращения лопастей, соответственно изменяя высоту полета беспилотного летательного аппарата или скорость перемещения.

Сигнал на ботовой компьютер подается от датчиков оборотов лопастей, от гироскопа, а также от датчика давления, установленного в арматуре системы распыления жидких удобрений. Работа любого датчика заключается в непрерывном сборе информации о контролируемом параметре работы конкретного узла или системы и передачи электрического сигнала на бортовой компьютер беспилотного аппарата. Бортовой компьютер обрабатывает сигнал и определяет соответствие значения параметра заданным программой полета значению определенному датчиком. При расхождении значений больше, чем на допустимую величину, подается управляющий сигнал на корректировку данного параметра на сервопривод. Аналогичным образом происходит автоматическое управление остальных систем беспилотного аппарата аграрного назначения.

2 Конструкция и принцип работы сервоприводов для регулирования работы двигателя БПЛА

Регулировка скорости перемещения БПЛА зависит от работы сервопривода, управляющего дроссельной заслонкой двигателя. Сервопривод работает следующим образом: управляющий сигнал с бортового компьютера передает информацию о требуемом положении выходного вала. Вал связан с

потенциометром, который определяет его положение. Контроллер по сопротивлению потенциометра и значению управляющего сигнала определяет, в какую сторону требуется вращать мотор, чтобы получить нужное положение выходного вала. Чем выше напряжение питания сервопривода, тем быстрее он работает и больший момент развивает. Управляющий сигнал представляет собой импульсы переменной ширины. Импульсы повторяются с постоянной частотой, которая измеряется в герцах. Увеличение или уменьшение длины импульса заставит сервопривод повернуться по часовой или против часовой стрелки соответственно. Конструкция сервопривода представлена на рисунке 1.

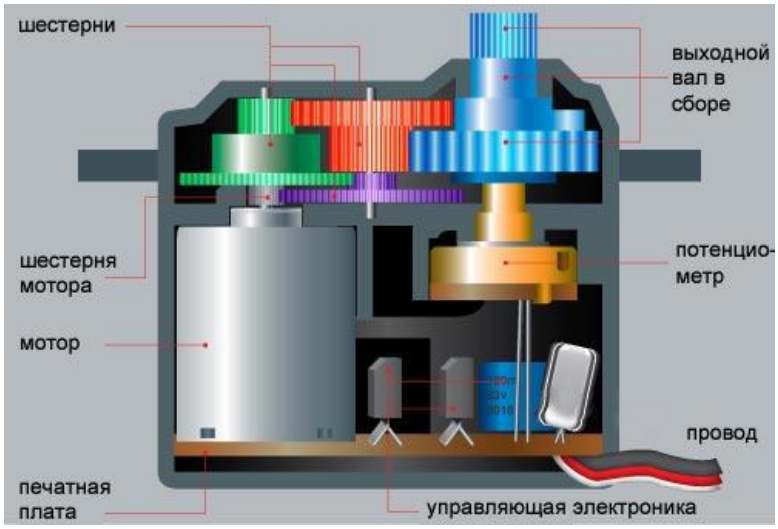


Рисунок 1 . Конструкция сервопривода

3 Конструкция и принцип работы пьезогироскопа

Гироскопы предназначены для подавления угловых перемещений аппарата вокруг одной из осей, стабилизации углового перемещения, компенсации внешних воздействий на модель, в особенности от порывов ветра и изменения моментов лопастей. Суть работы гироскопа заключается в измерении скорости поворота и выдачи сигнала на коррекцию. Гироскоп включается в цепь между приёмником и сервоприводом. В настоящее время на летательных аппаратах устанавливаются пьезогироскопы, работающие по тому же принципу, что и механические гироскопы, но у них отсутствуют вращающиеся части. Пьезогироскоп состоит из датчика угловой скорости и контроллера [3]. Конструкция датчика угловых скоростей представлена на рисунке 2.

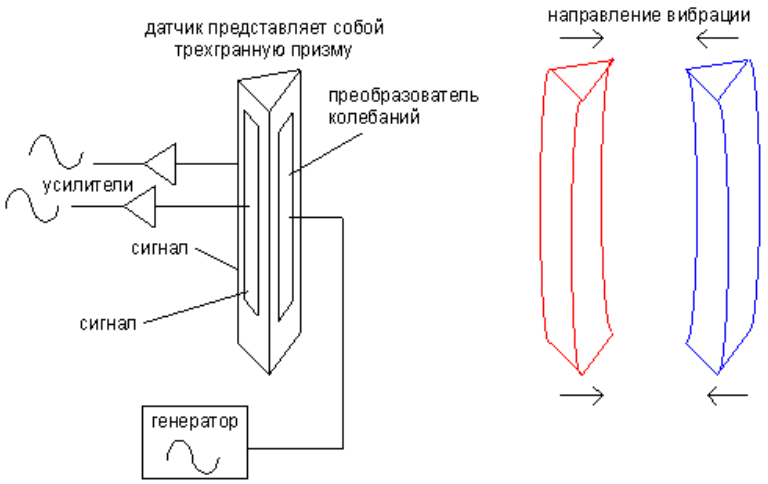


Рисунок 2. Конструкция датчика угловых скоростей.

Функция контроллера заключается в том, чтобы считывать сигналы с датчика угловых скоростей с некоторой заданной частотой и выдавать полученные сигналы на дальнейшую обработку в бортовой компьютер. В датчик угловых скоростей установлены вибрирующие пластины. Поворачиваясь вокруг оси, такая пластина начинает отклоняться в плоскости, поперечной плоскости вибрации. Это отклонение измеряется и поступает на выход датчика, откуда снимается уже внешней схемой для последующей обработки. Алгоритм работы пьезогироскопа представлен на рисунке 3.

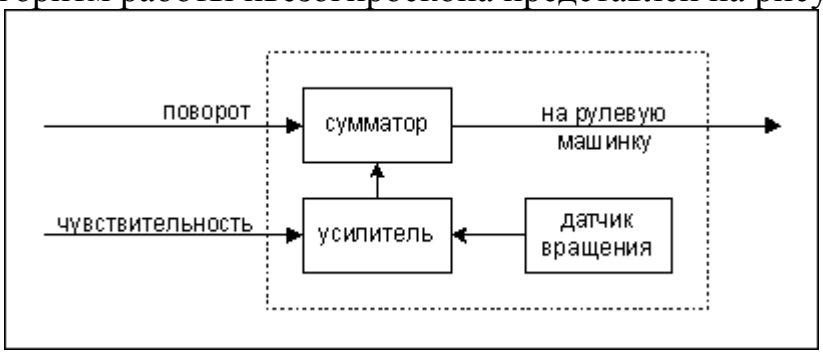


Рисунок 3. Алгоритм работы пьезогироскопа.

Перед началом эксплуатации беспилотного летательного аппарата требуется регулировка гироскопа, позволяющая добиться оптимального управления летательным аппаратом.

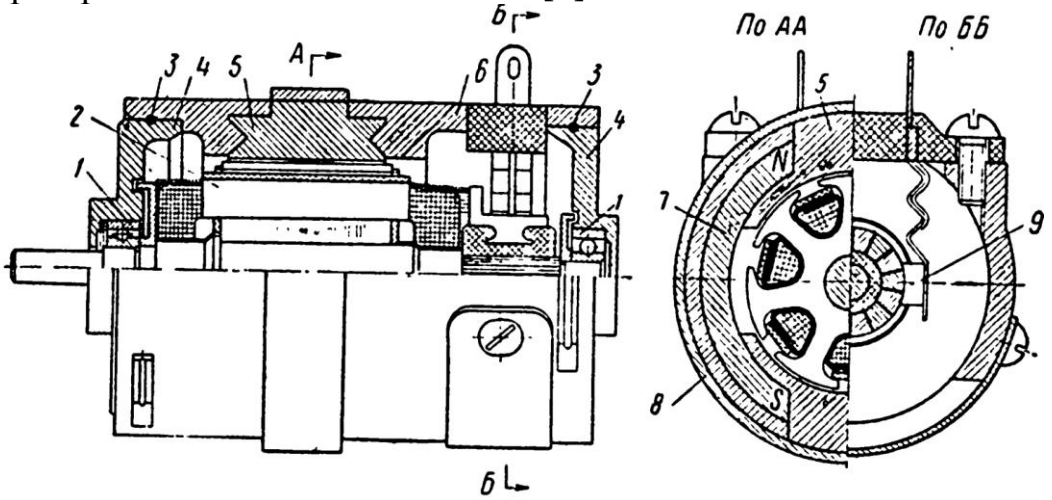
4 Конструкция и принцип работы датчика скорости вращения

Для эффективного автоматического управления и регулировки траектории движения БПЛА необходим сбор данных о частоте вращения лопастей или частоте вращения вала двигателя. Измерение частоты вращения вала двигателя в любой момент времени может осуществить датчик скорости вращения или по-другому тахогенератор, представляющий собой частотный датчик, который преобразовывает скорость вращения (углового перемещения) в частоту изменений потока энергии (электрического тока или датчика). Располагается датчик в вблизи двигателя БПЛА. Вал датчика скорости вращения соединяется с валом двигателя путем механического соединения при

помощи муфты или шкива. Задачей датчика является измерение частоты вращения вала двигателя и передача сигнала на бортовой компьютер БПЛА. Полученный сигнал анализируется бортовым компьютером и в соответствии с программой полета будет передаваться управляющий сигнал на сервопривод об увеличении или уменьшении открытия дроссельной заслонки.

Принцип действия датчика скорости вращения основан на законе электромагнитной индукции, поэтому скорость вращения ротора пропорциональна напряжению, снимаемого со щеток. Снимаемое напряжение со щеток преобразуется в сигнал, несущий информацию не только о скорости вращения вала, но и о направлении вращения. Выходной сигнал может быть представлен в виде синусоидального изменения величины (напряжения) или в виде последовательности коротких импульсов. Скорость обработки такого сигнала меньше, чем у сигнала синхронных тахогенераторов переменного тока, поэтому система управления может за короткий срок времени отреагировать на изменение положения БПЛА в пространстве, что делает автоматическое управление более эффективным.

В ходе эксплуатации тахогенератор должен передавать точную информацию несмотря на вибрацию, изменение окружающей температуры, износ трущихся частей. Для повышения качества работы и сглаживания пульсаций, в конструкции тахогенератора применяют повышенное количество пластин в коллекторе. Для достижения высокой точности, конструкция тахогенератора выполняется с якорем, в котором отсутствуют пазы. Существенным преимуществом этих тахогенераторов является отсутствие источника энергии для возбуждения. На рисунке 4 показан тахогенератор с постоянными магнитами [4].



1- шарикоподшипники; 2- якорь; 3 – кольца; 4 - кольца стопорные ; 5 - полюсы; 6 - корпус; 7 - постоянные магниты ; 8 - перемычки; 9 – щетки.

Список литературы

1. Комплекс управления беспилотными летательными аппаратами для дистанционного зондирования земли. [Электронный ресурс]: сборник статей /

Институт инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»; И. В. Макаров, В. И. Кокорин. – г. Красноярск. Режим доступа: http://uav-siberia.com/news/kompleks-upravleniya-bespilotnymi-letatelnymi-apparatami-dlya-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli. – Загл. с экрана.

2. Авиамоделизм – мир увлеченных. [Электронный ресурс]: сборник статей, описывающих внутреннюю и внешнюю компоновку авиамоделей. - Режим доступа**:** http://www.avmodels.ru/articles/equipment/servoprivod.html. – Загл. с экрана.

3. Гироскопы на радиоуправляемых моделях. [Электронный ресурс]: сборник статей/ RC design; автор статьи Виталий Пузрин. Режим доступа: http: //www.rcdesign.ru/articles/radio/gyro_stady. – Загл. с экрана.

4. Сайт об электрических сетях. [Электронный ресурс] : на сайте представлена документация, которая может быть востребована работающим в различных службах предприятия электрических сетей. - Режим доступа: http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/samoletnye-i-avtomobilnye-generatory.html. – Загл. с экрана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОСОВОЙ СТОЙКИ ШАССИ САМОЛЕТА ПРИ ПОСАДКЕ НА НЕРОВНЫЙ ГРУНТ

Орленко А.А., Топильский В.В.,
Морозов Н.А., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Шасси является одним из основных и наиболее сложных агрегатов самолета, поэтому к нему предъявляются высокие конструктивные, технологические и прочностные требования, которые необходимо выполнять в процессе проектировочных и производственных работ, а так же при эксплуатации изделия. В качестве цели исследования было выбрано моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) носовой стойки шасси при посадке на неровный грунт. Данная тема весьма актуальна, ввиду сложности и трудоемкости расчетов, проводимых вручную, в то время как применение специализированных средств и методик [1-3] позволяет выполнить эти операции с больше точностью и информативностью.

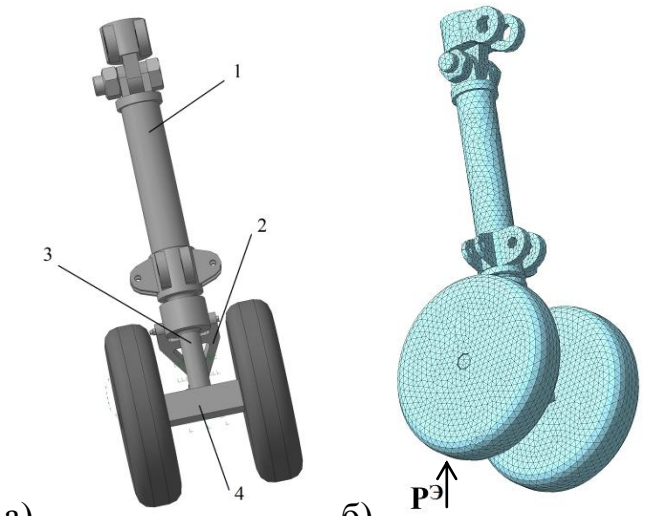
Для рассмотрения был взят один из встречающихся в эксплуатации случаев нагружения, а именно случай «вертикальный удар» с неодновременным касанием колесами грунта, вследствие неровностей взлетно-посадочной полосы.

За объект моделирования была взята носовая стойка шасси самолета Ан-158 (рисунок 1). Конструкция носовой стойки шасси – балочная телескопическая, со стойкой в виде консольной балки.

В основе моделирования НДС объекта лежала разработка модели и приложение к ней нагрузок, воспроизводящих воздействия, оказываемые на реальное изделие в рамках данного случая нагружения.

Проводимое моделирование НДС было выполнено в среде САПР «КОМПАС-3D», которая позволила подготовить и в последующем осуществить конечно-элементный анализ трехмерной твердотельной модели объекта (рисунок 1). В реальных условиях эксплуатации, в данном рассматриваемом случае, в момент касания шасси неровности взлетно-посадочной полосы одно из колес воспринимает всю полноту продольной нагрузки, $P^{Э}$, действующей вдоль вертикальной оси стойки шасси и равной 50% от веса самолета.

После выполнения всех операций, предшествующих процессу расчета, были получены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния носовой стойки шасси в виде карты напряжений (МПа), карты перемещений (мм) и карты распределения коэффициента запаса по пределу прочности с соответствующими им числовыми значениями.

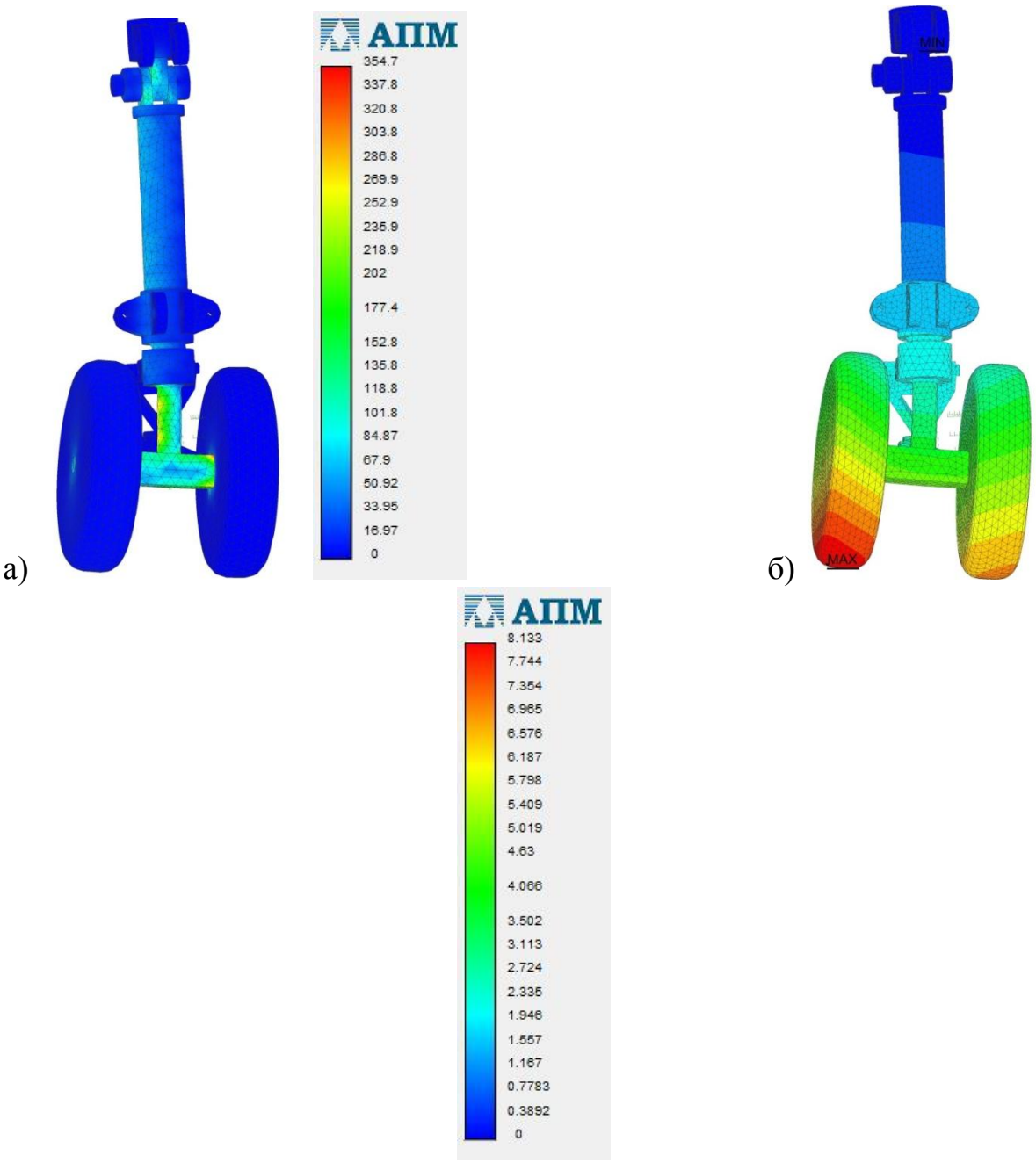


а) б)

1 – цилиндр; 2 – двухзвенник;
3 – шток амортизатора; 4 – ось
а – 3D-модель; б – конечно-элементная сетка

Рисунок 1 – Носовая стойка шасси Ан-158

Основываясь на карте напряжений (рисунок 2), можно сделать вывод, что наибольшие напряжения воспринимаются осью крепления колес к штоку амортизатора и узлом крепления цилиндра амортизатора с траверсой, расположенной в нише передней опоры.



а – карта напряжений; б – карта перемещений

Рисунок 2 – Карта напряжений

На карте перемещений (рисунок 2) наглядно видно, что вследствие взаимодействия колеса и неровности ВПП, деформациям подвергаются колеса шасси, ось крепления колес к штоку амортизатора и, в меньшей мере, сам шток амортизатора. Такое распределение объясняется величиной составляющей нагрузки в той или иной части узла.

На карте распределения коэффициента запаса прочности (рисунок 3) хорошо видны области с наименьшими значениями коэффициента запаса. Это зоны наибольшего риска и они в большей мере подвержены потере прочности, по сравнению с другими. Применительно к рассматриваемому случаю

нагружения можно отметить выделенные красным цветом зоны, имеющие коэффициент запаса по прочности ниже нормативного, что говорит о нерациональности конструкции данных участков.

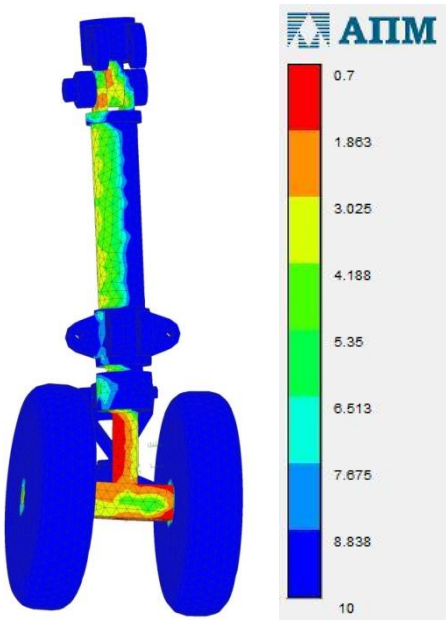


Рисунок 3 – Карта распределения запаса прочности

На шасси в момент взлета и посадки действует широкий спектр нагрузок, таких как продольные и поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты. Величины этих составляющих зависят от взлетно-посадочных характеристик самолета, схемы размещения шасси на самолете, жесткости амортизации, качества и состояния поверхности взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек, а также от квалификации летчика. Существенное влияние на нагрузки, испытываемые шасси, оказывает характер посадки, определяемый расчетными случаями. Таким образом, возможность грамотного моделирования напряженно-деформированного состояния шасси при этих случаях даст неоценимую и актуальную информацию, которая пригодится как при проектировании данного агрегата, так и в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Сабиров, Р. А. К расчету напряженно-деформированного состояния переходных ферменных отсеков летательных аппаратов / Р.А. Сабиров // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2007. – №4 (17). – С. 100-105.

2. Морозов, Н.А., Моделирование напряженно-деформированного состояния обшивок отсеков летательный аппаратов / Н.А. Морозов, А.А. Гаврилов, Ю.Л. Власов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы второй международной научно-практической конференции. – Тамбов: ТГТУ, 2016. – С. 196-200.

3. Поляков, С.Н. Применение метода конечных объемов для определения напряженно-деформированного состояния элементов конструкции летательных аппаратов / С.Н. Поляков, В.Г. Цысс // Динамика систем, механизмов и машин. – 2002. – №2. – С. 33-35.

4. Конструкция и прочность самолетов / В.Н. Зайцев, В.Л. Рудакова // Учебное пособие. – Кнев, издательское объединение «Вища школа», Головное изд-во, 1978.– 488 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Погадаева Р.Р., Еркулев А.В.
Оренбургский государственный университет

Основной путь повышения производительности труда и роста научно-технического прогресса в разных отраслях хозяйства служит механизирование и автоматизация процессов сборки на производстве. Автоматизация при этом рассматривается как наивысшая ступень совершенствования сборочных процессов [1,2].

Автоматизация в ряде случаев гарантирует увеличение производительности сборки до десяти раз при ощутимом росте качества производимых деталей. Сборочный процесс является финальным этапом производственного процесса располагается по трудоёмкости на 2 месте после механической обработки [3].

Актуальность применения автоматизации сборочного производства определяется необходимостью снижения себестоимости сборочных работ; улучшении качества готовой продукции, росте производительности труда; снижении количества рабочих; уменьшении рабочих площадей. Количество рабочего времени человека, затрачиваемого на производство единицы продукции на сборочных работах в среднем в машиностроении составляет 25-30% [4].

Актуальном на этапе развития промышленности, является необходимость ускоренного подъема машиностроения, нужно повысить технический уровень сборочных производств, отличительная черта которых огромные запас резерва для улучшения надежности, качество и безопасность используемых изделий, уменьшение трудового и материального ресурса, рост эффективности труда и конкурентоспособное преимущество выпускаемых изделий на мировых рынках. [5]

Благодаря автоматизации увеличивается технологический потенциал сборочного процесса. При автоматизации сборки снижается травмаопасность, снижаются риски сложных сборок. С помощью автоматов возможно производить сборки во взрывоопасных зонах, токсичных и высокотемпературных средах. Наряду с преимуществами автоматизации сборочных процессов существуют и недостатки. Общими недостатками автоматизированной сборки является специализированость автоматов для изготовления узкого типа изделий, сложность современных сборочных машин, малая их рентабельность в эксплуатации, поэтому наиболее полные варианты автоматизации используют на предприятии с массовым типом производства.

На машиностроительных предприятиях технологический процесс сборки включает в себя ряд универсальных операций. На первом этапе должна осуществляться установка деталей с заданной точностью опорных поверхностей, подлежащих сборке и находящихся в определенном положении

рабочем пространстве. Далее осуществляется захват детали и перемещение её к присоединяемой детали. Затем происходит базирование деталей участвующих в сборке с заданной точность относительно поверхностей сопрягаемой детали. Фиксирование детали производится с требуемой точностью к ранее собранной сборке [6].

Несмотря на актуальность автоматизации сборки, в настоящее время степень охвата автоматизацией этих процессов в машиностроении невелика и составляет не более 7% от общего объема процессов сборки.

Такая ситуация определяется:

− трудностью и многообразием объектов сборки и требуемого для этого оснащения;

− сжатым циклом сборочной операции (часто бывают всего доли секунды);

− деформируемостью или упругостью деталей;

− трудностью движений рабочих органов манипуляторов, роботов и т.п.;

− необходимостью регулирования, пригонки и учета небольших допусков в принадлежащих элементах.

Общий спектр проблем, связанных с автоматизацией сборочных процессов на производстве, можно разделить на категорий:

- конструкции собираемых изделий технологически неотработанные;

− плохо освоен процесс приведения к единой системе и малосерийный выпуск;

− недостаток или абсолютное отсутствие стандартного автоматического оборудования;

− невысокое качество деталей, задействованных в сборке;

− необходимость проектирования персональной оснастки.

Автоматизация сборочных процессов в наше время происходит благодаря однопозиционным сборочным автоматам и полуавтоматам, а также многопозиционным сборочным полуавтоматам.

Однопозиционные монтировочные полуавтоматы для сборки простых конструкций, состоящих из незначительного количества элементов. Основную деталь и часть деталей, сложно поддающихся механической ориентации, определяют на сборочную позицию ручным способом. Другие поступают из бункеров и монтируются на узел автоматически в назначенном порядке. Собранный узел извлекается автоматически выталкивающим устройством или ручным способом.

Многопозиционные монтировочные полуавтоматы используют с целью установки наиболее трудных конструкций с сравнительно большим количеством переходов и способов установки. Они заключают в себе поворотный стол, в позициях коего определены сборочные приспособления с целью укрепления элементов собираемого узла. Стол через конкретный период времени поворачивается делительным механизмом в установленный угол в связи с количества позиций. Основную деталь, а кроме

того детали, которые с бункера сложно подать на определенную сборочную позицию автоматически, фиксируют ручным способом.

Основной проблемой в обеспечении безаварийной и качественной работы таких автоматов и полуавтоматов является недостаточная изученность факторов, совокупно воздействующих на обстоятельства протекания процесса автоматической сборки и гарантия полной сопрягаемости деталей с затребованной точностью и гарантированным качеством сборки в заданный период времени. Мало исследовано влияние таких характеристик как: размерные, жесткостные, точностные, геометрические, кинематические, динамические и силовые параметры сборочного процесса на состояние автоматической сборки изделий и разработка элементов находящихся в составе технологического оснащения. Отсутствует научно-обоснованная методика по анализу и проработке технологичности конструкции изделия в автоматической сборке, а также отсутствует методика по разработке качественного технологического процесса и средств автоматизированной сборки с учетом совокупного взаимодействия параметров сопрягаемых деталей, режимов автосборочного процесса и средств автоматической сборки [4].

Роста качества автоматизации сборки изделия добиваются, в первую очередь, за счет непредубежденной проверки всех контролируемых параметров сборочного процесса (зазора, натяга, соосности, перекоса сопрягаемых элементов сборки, торцовых и радиальных биений, момента при затягивании резьбовых соединений, плотность и герметичность сопряжений, уравновешенность детали, параметры технологического оснащения и оборудования, режимы сборки и т.п.).

Сложности повышения рентабельности сборочных производств и качество производимых деталей в основу которых входит: продвижения эффективных технологических процессов и потенциал автоматической сборки являются значительными.

В автоматизации сборочных процессов используются сборочные машины. Оснащение для выполнения сборочных операций в большинстве изготавливают предприятия - потребители, а не организации, которые специализируются на этом. Следствием этого является увеличение сроков и затрат на изготовление оснастки, что в свою очередь может стать причиной превышения допустимых сроков его окупаемости. Это является экономически не целесообразным [6].

Таким образом, чтобы реализовать автоматизированную сборку нужно иметь сборочную машину. На рисунке 1 изображена принципиальная схема оборудования, предназначенного для автоматизированного процесса сборки подшипников качения, изготовленной японской фирмой «Tokyo Seimitsu».

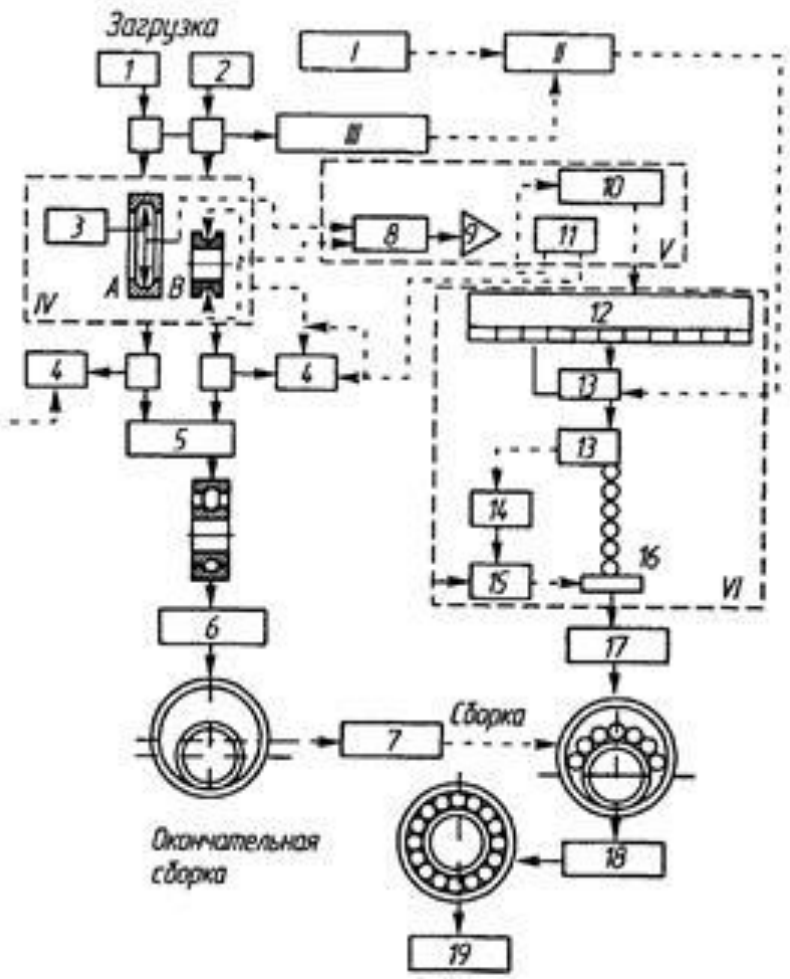


Рисунок 1 – Автоматическая сборочная машина [6]

Значительная эффективность при базировании и закреплении элементов в ходе сборочного процесса изделия, для серийного и массового типа производства, обеспечивается использованием универсальных автоматических сборочных машин. Они оборудованы сборочными приспособлениями, требующими минимум затрат для их создания и эксплуатации, используя типовые узлы.

Автоматическая машина имеет программную часть, которая способна решать пространственные задачи. При проведении расчетов, они должны использовать размерный анализ для замыкающего звена. Размерная цепь может быть построена относительно взаимного расположения сопрягаемых деталей. Следовательно, для выполнения задачи с требуемой точностью автоматической сборочной машине следует выполнить все требования размерных и кинематических цепей.

Список литературы

1. Мартынов В.Г.Роботизация и автоматизация сборочных процессов в современном промышленном производстве / В.Г. Мартынов // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития». М.: 2013. С. 120-123.

2. Рыжков В.А. Формализация задачи проектирования с целью автоматизации и оптимизация сборочных технологических процессов В.А. Рыжков, М.В. Паринов, А.Н. Юров, М.И. Чижов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 12-2. С. 25-27.

3. Божко А.Н. Автоматизация проектирования сборочных процессов сложных изделий с использованием систем виртуальной реальности А.Н. Божко // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018. № 2 (6). С. 36-41.

4. Шандров, Б.В. Технические средства автоматизации / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. - М. : Издательский центр «Академия», 2007. - 368 с.

5. Ласуков А.А. Автоматизация сборки в машиностроении: учебное пособие / А.А. Ласуков. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. - 176 с.

6. Иванов А.А. Автоматизированные сборочные системы / А. А. Иванов. М.: Форум. 2018. - 336 с.

О ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА НА БАЙКОНУРЕ

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Плотников И.А.
Оренбургский государственный университет

Гражданская космонавтика играет огромную роль в мировой экономике. В СССР первый космодром был основан в середине 50-х годов близ села Байконур (сейчас, это территория Казахстана). Развитие гражданской космонавтике в СССР являлось одним из приоритетных направлений развития. После распада СССР космодром был передан в аренду Российской Федерации (с 1994 года).

Сегодня в мире, кроме России есть и другие успешно действующие космодромы, которые осуществляют коммерческие запуски ракет непилотируемой космонавтики. При этом технологии запусков и в первую очередь систем управления постоянно совершенствуются. Это во многом определяет конкурентоспособность коммерческого использования космодромов. Поэтому чтобы оставаться ведущей космической державой Россия начала этап технического перевооружения стартовых систем на своем космодроме.

Сегодня космодром Байконур имеет в своем составе 15 стартовых комплексов. В данной работе на примере одного из них, имеющее техническое наименование СК 17П32-5, будет представлена общая проблема технического перевооружения стартового комплекса.

Основным элементом стартовой системы СК 17П32-5 является агрегат 8У0215. Основными задачами агрегата являются: прием веса изделия, вертикализация, разворот поворотного круга в азимут пуска, обеспечения подвода кабельных разъемов ШО-78 или РО-100 и ШУО и быстрого отвода отстыкованных разъемов.

Агрегат 8У0215 предназначен для установки в него изделия типа 7А с космическим объектом целевого назначения, обслуживания с последующим запуском.

Агрегат состоит из двух частей - поворотной и неподвижной, и включает: поворотный круг четыре основания , четыре несущие стрелы , четыре опорные фермы с секторами силового пояса, четыре направляющих устройства, две нижние кабельные мачты, верхнюю кабельную мачту, гидроприводы опорных ферм, гидропривод кабельных мачт, гидропривод вертикализации и компенсации утечек, гидропривод поворотного круга (во все эти гидроприводы входит аппаратура управления ими - "Пирамида-А"), гидропривод гидродомкратов поворотного круга, буфера и электрооборудование (силовое, системы управления, сигнализации и освещения).

Система управления «Пирамида - А» предназначена для дистанционного управления механизмами агрегата 8У0215.

Данная система обеспечивает:

- плавное вращение и точную установку в заданное положение поворотного круга агрегата 8У0215;

- автоматическую компенсацию утечек рабочей жидкости в системе гидроподвески поворотного круга;

- горизонтирование поворотного круга во время его поворота;

- установку изделия в вертикальное положение с заданной точностью и автоматическое удерживание его в вертикальном положении;

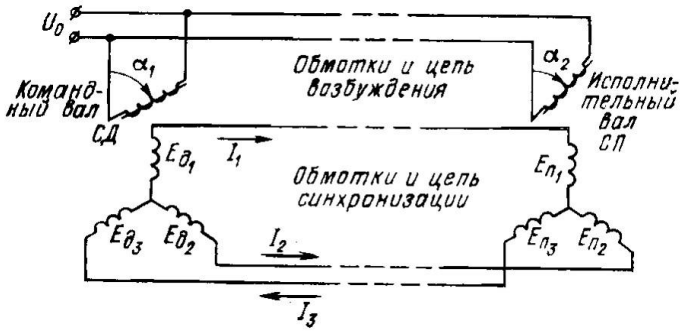
- одновременное синхронное сведение четырех опорных ферм в рабочее положение, обеспечивающее смыкание верхнего силового пояса агрегата 8У0215;

- сведение кабельных мачт и устройств направляющих в рабочее положение;

- контроль за перемещением опорных ферм и поворотного круга при работе систем.

Еще в 70-е годы прошлого века советскими конструкторами была разработана система управления для агрегата 8У0215 стартового комплекса. Данная система не модернизировалась с момента ее разработки. Одним из ключевых приборов являются бесконтактные сельсины типа БС-405. Например, привод горизонтального наведения поворотного круга предназначен для его вращения в обе стороны и для установки его в заданное положение с требуемой точностью до 0,009 град/с. Привод поворотного круга обеспечивает его синхронное движение с движением сельсина датчика. Это позволяет развернуть поворотный круг на большой скорости достаточно близко к заданному положению, после чего на малой скорости произвести точную установку круга в заданное положение практически с любой точностью.

Внешний вид и принципиальная схема работы сельсина приведены на рисунке 1.



а)

б)

Рисунок 1 – Бесконтактный сельсин типа БС-405

При применении бесконтактных принимающих сельсинов типа БС-405 в качестве дающих сельсинов служат сельсины типа НД. Контактные сельсины типа НД имеют ротор однофазной обмоткой, питаемой переменным током. На статоре сельсина расположена трехфазная обмотка, соединяемая с трехфазной обмоткой сельсина принимающего прибора. У бесконтактных сельсинов как однофазная сигнальная обмотка, так и трехфазная обмотка расположены на статоре, на роторе же сельсина обмотки отсутствуют.

Ротор бесконтактного сельсина имеет два полюса. Магнитный поток проходящий через эти полюсы, замыкается по внешнему магнитопроводу следующим образом: от полюса магнитный поток поступает через воздушный зазор в статор машины, и, обойдя по полукругу железа статора, проходит через воздушный зазор и попадает в полюс ротора. Идя вдоль ротора, поток далее поступает, снова проходя воздушный зазор, в тароид статора и во внешний магнитопровод. Пройдя внешний магнитопровод и тороид, поток замыкается в полюсе ротора.

Пульсирующий магнитный поток, вызванный током в роторе сельсина датчика, пересекая три его статорные обмотки, вызывает а них появление напряжений и токов, зависящих от положения ротора сельсина датчика. Токи, проходят по статорным обмоткам и приводам, соединяющим статорные обмотки дающего и принимающего сельсинов. В статорной обмотке принимающего сельсина токи создают результирующий магнитный поток, направление оси которого зависит от соотношения этих токов, т.е. от поворота ротора сельсина датчика. Поток сельсина принимающего прибора, вызванный статорными токами, замыкается через полюса его бесконтактного ротора по описанному выше пути.

В случае если ось полюсов ротора совпадает с осью магнитного потока статора, напряжение вызванное в однофазной обмотке сельсина, является наибольшим. Чем больше ось полюсов ротора отклоняется от оси магнитного потока, вызванного статорными токами, тем меньше часть этого потока проходит вдоль полюсов ротора и тем меньше напряжение в однофазной /сигнальной / обмотке сельсина. Если ротор бесконтактного сельсина повернут на 90° относительно оси потока, напряжение сигнальной обмотки равно нулю. Такое положение сельсинов называется нулевым или согласованным. Если повернуть ротор сельсина датчика на некоторый угол, то магнитный поток принимающего сельсина повернется на такой же угол и на выходной обмотке сельсина появится напряжение. Напряжение снова станет равным нулю, если ротор принимающего сельсина повернуть на такой угол, чтобы полюса ротора опять оказались перпендикулярными оси магнитного потока.

Таким образом, при наличии рассогласования между валами датчика и принимающего прибора на клеммах выходной обмотки принимающего сельсина появится напряжение, приблизительно пропорциональное углу рассогласования.

Фаза напряжения рассогласования зависит от знака угла рассогласования, т.е. от того, опережает или отстает сельсин принимающего прибора от сельсина датчика.

Необходимость технического перевооружения системы управления стартовой системы объясняется, в том числе, использованием сельсинов. Данные приборы довольно капризны в эксплуатации и, как следует из приведенного обзора их работы, требуют повышенного внимания при обслуживании.

Современные технологии позволяют уйти от применения метода сельсинов в системах управления, заменив их другими методами, более современными, менее затратными и более надежными. Кроме этого, в целом система управления стартового комплекса значительно морально и физически устарела и не отвечает техническим требованиям и запросам цифрового производства. За время ее работы был израсходован весь ЗИП системы. На всех комплектующих закончился гарантийный срок. Большинство из них, в силу свой выработки, не соответствуют заявленным характеристикам. Данная система является ненадежной. Требуется замена на более современную, надежную и экономически выгодную систему.

В настоящее время на космодроме начались работы по техническому перевооружению системы управления стартовым комплексом. Однако, переход на новую систему управления стартовым комплексом требует решения новых технических задач, при решении которых должен быть учтен накопленный опыт эксплуатации системы управления предыдущего поколения. Именно это может обеспечить надежность эксплуатации стартового комплекса и безаварийность полётов.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОЗДАНИЯ 3D –МОДЕЛИ РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКИ ТОКАРНОГО СТАНКА

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Никитина И. П., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

При проектировании револьверной головки с приводным инструментом основными конструктивными элементами являются: корпус; инструментальный диск; центральный вал, на котором устанавливается инструментальный диск; двигатель; передаточное устройство, обеспечивающее связь двигателя с центральным валом и инструментальными шпинделями инструментальных блоков; инструментальные блоки, обеспечивающие передачу вращательных движений, устанавливаемых в них инструментов; механизмы блокировки и фиксации. В зависимости от принципа реализации позиционного движения инструментального диска устанавливается или датчик углового положения или механизм реализации прерывистого движения или серводвигатель. Конструктивной и компоновочной особенностью проектируемой головки является обеспечение вращения приводного инструмента. Если вращение режущих инструментов выполняется от двигателя, обеспечивающего вращение центрального вала, то в этом случае предусматривается дополнительная кинематическая цепь и механизм управления. Использование второго двигателя упрощает кинематическую цепь. Конструкция револьверной головки может предусматривать использование тормозных устройств.

Основными движениями в револьверной головке, независимо от конструктивной особенности являются : позиционный поворот инструментального диска, его надежная фиксация в заданной позиции и вращение приводного инструмента независимо от вращения центрального вала.

3D-моделирование в проектировании мехатронных систем с переходом к цифровым технологиям и повышению требований к качеству сборки высокотехнологичных компонентов является неотъемлемым этапом проектирования. Особенностью конструкции мехатронных систем является сочетание в одном устройстве электронных, электрических и механических компонентов, например, в виде зубчатых и ременных передач. Большинство современных CAD-систем оснащены развитыми конструкторскими библиотеками, в которых различные виды механических передач и соединений являются библиотечными элементами. Это существенно упрощает создание моделей сложных сборок, которыми являются мехатронные узлы мехатронных систем. Однако, использование библиотечных элементов в различных CAD-системах связано с различного рода ограничениями для проектировщика. Важнейшим, из которых, является запрет CAD-системы на внесение топологических изменений в модель библиотечного элемента. Например, пользующаяся авторитетом у многих конструкторов во всём мире система

проектирования SolidWorks наряду с удобными в использовании конструкторскими библиотеками вводит ограничения на внесение любых топологических изменений в библиотечные элементы, включая и их копии. В данной работе на примере построения моделей отдельных конструктивных элементов конструкции револьверной головки токарного станка с ЧПУ представлен просто реализуемый на практике подход.

Была сформулирована задача: найти способ построения моделей сложных сборок, использующих библиотечные элементы CAD-системы с введением в них дополнительных топологических изменений.

В качестве прототипа мехатронного модуля была принята конструкция револьверной головки, представленной в работе профессора Бушуева В.В.[1]. На рисунке 1 приведена кинематическая схема револьверной головки. Особенностью револьверной головки является использование одного двигателя, как для поворота инструментального диска, так и для привода вращающихся инструментов револьверной головки. Представленная конструкция имеет встроенный планетарный редуктор. На инструментальном диске установлены инструментальные блоки, причем в рабочей позиции всегда размещается один блок. Применение одно и того же двигателя как для поворота инструментального диска в требуемую позицию, так и для вращения инструмента реализуется благодаря использованию планетарного редуктора с перемещающимся в три позиции водилом. При двух положениях водила происходит вращение инструмента в разных диапазонах частот вращения, а при третьем положении водила осуществляется поворот инструментального диска.

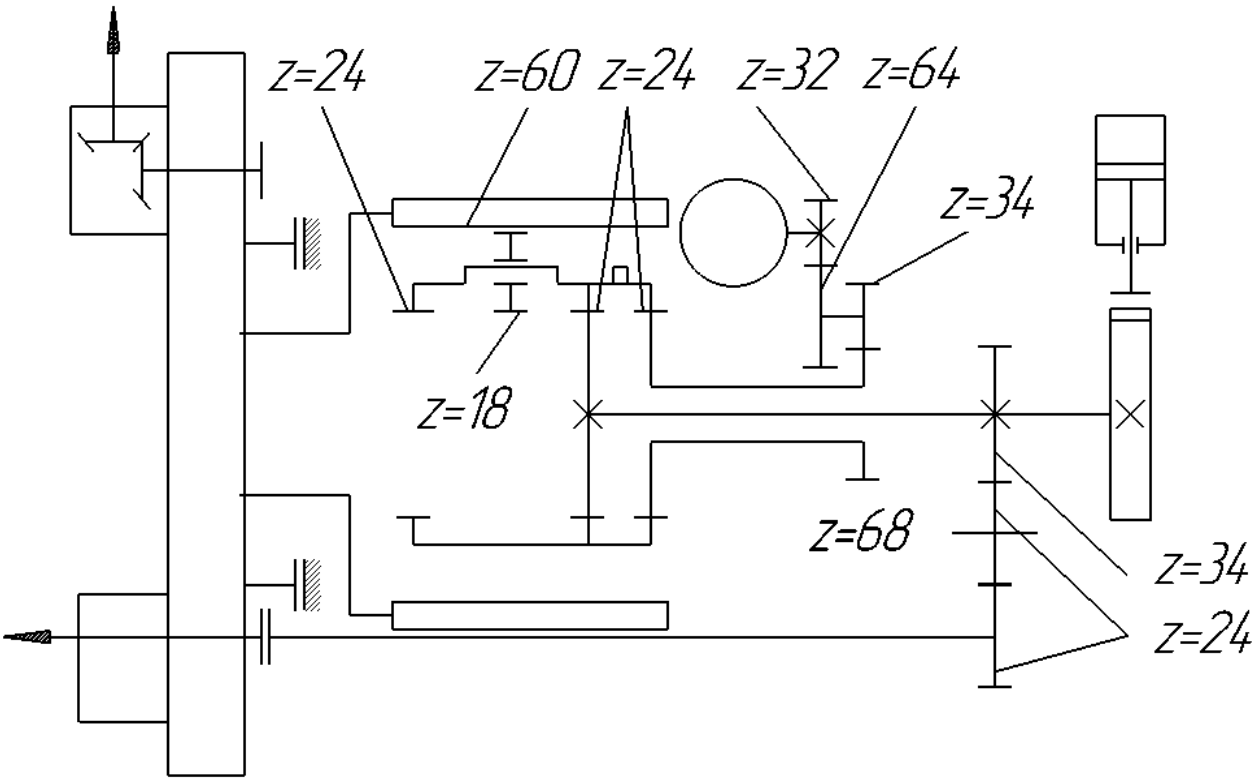
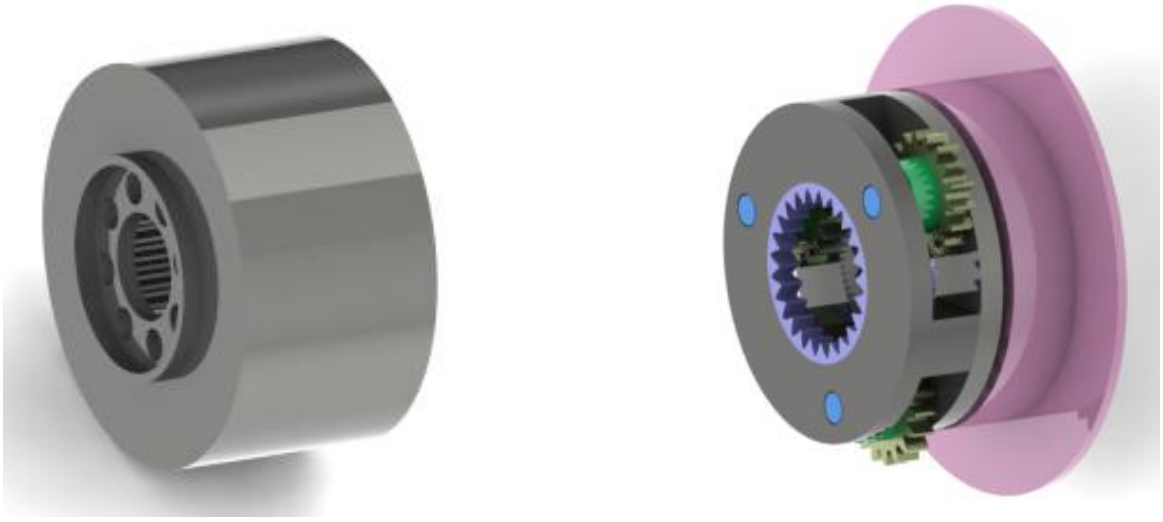


Рисунок 1 – Кинематическая схема револьверной головки токарного станка

Планетарный редуктор имеет оригинальное исполнение. Сателлиты имеют по 18 зубьев, солнечное колесо с внутренним зацеплением имеет 60 зубьев, а центральное солнечное колесо с внешним зацеплением имеет 24 зуба. Редуктор является оригинальным. Оригинальность конструкции редуктора определяется конструктивными особенностями водило и центральных солнечных зубчатых колёс. Центральных солнечных зубчатых колёс – три. Водило имеет возможность вместе с центральными колесами перемещаться в осевом направлении. Таким образом, водило имеет составную конструкцию из трёх венцов зубчатых колёс с внутренним зацеплением. Передача движения с центрального вала на планетарный редуктор осуществляется через передачу 24/24 в положении водила, представленном на рисунке 1. Водило вращает приводной вал, а сателлиты свободно обкатываются по колесу с внутренним зацеплением. Вращение вала привода инструмента осуществляется последовательным включением зубчатых зацеплений 34/24 и 24/24.

На рисунке 2 представлены модели двух основных компонентов планетарного редуктора револьверной головки. На рисунке 2 а представлена модель колеса с внутренним зацеплением. На рисунке 2 б представлена сборка с условным названием «Водило-комплект».



а) б)

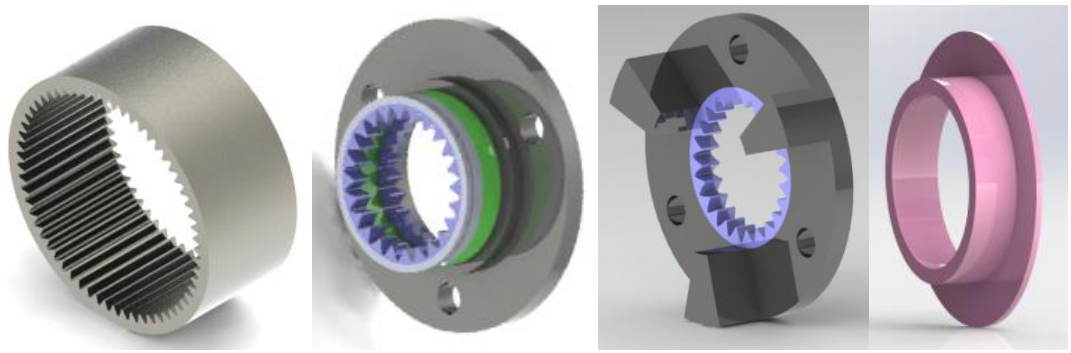
Рисунок 2 – Модели основных конструктивных элементов планетарного редуктора

Для построения модели, представленной на рисунке 2 а, был использован библиотечный элемент «зубчатое колесо с внутренним зацеплением». CAD-система позволяет строить дополнительные топологические элементы. Однако, при перестроении сборки все дополнительные элементы теряются. Поэтому был использован вариант построения подсборок на базе библиотечных элементов. На рисунке 3 а представлен базовый элемент, для которого была построена подсборка 2 а.

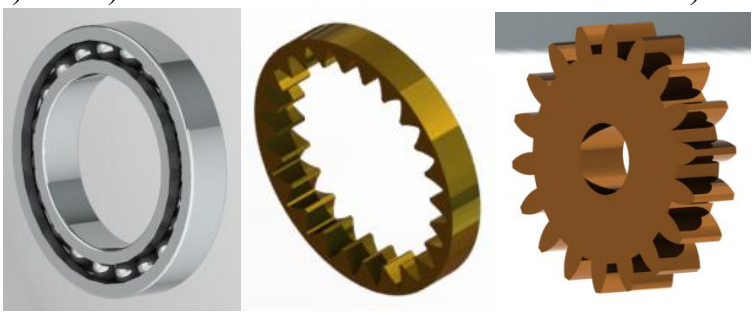
Модель «Водило-комплект» (рисунок 2 б) включает несколько библиотечных элементов – три зубчатых колеса с внутренним зацеплением с

числом зубьев 24 и три зубчатых колеса с числом зубьев 18, используемых в качестве сателлитов.

Для разработки модели «Водило-комплект» были дополнительно разработаны две подсборки (рисунок 3 б и 3 в) и модель оригинального переключателя (рисунок 3 г), внутренняя цилиндрическая поверхность которого используется для установки радиального шарикового подшипника (рисунок 3 д). При разработке подсборок 3 б и 3 в использовано три одинаковых библиотечных элемента, представленных на рисунке 3 е. Вид, использованных библиотечных элементов для цилиндрических зубчатых колёс, приведён на рисунке 3 ж.



а) б) в) г)



д) е) ж)

Рисунок 3 – Модели компонентов, используемых в модели редуктора

Результирующая подсборка основных конструктивных элементов револьверной головки, связанных с центральным валом, представлена на рисунке 4.

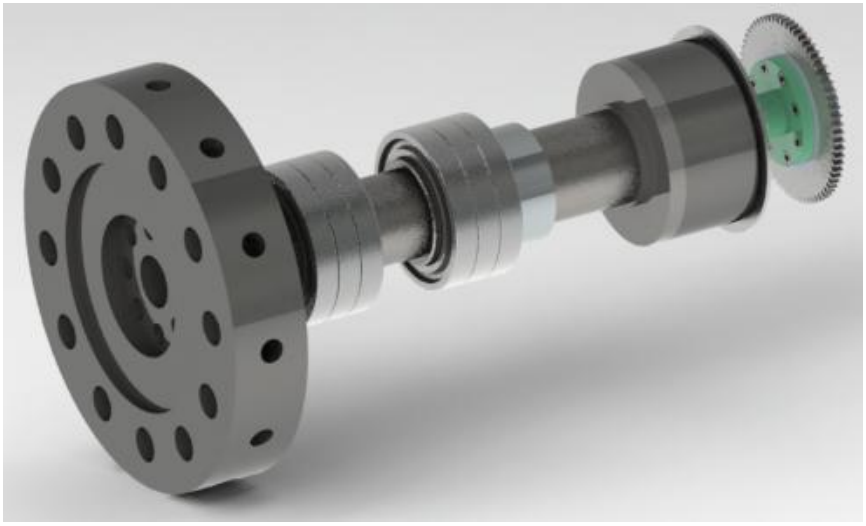


Рисунок 4 – Подсборка основных конструктивных элементов, связанных с центральным валом

Таким образом, совместное использование библиотечных и специальных конструктивных элементов, построенных на основе универсальных средств CAD-системы, позволило осуществить эффективное построение наиболее сложного компонента всей сборки револьверной головки.

Список литературы

1 Бушуев, В.В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев . - М. : Машиностроение, 2006. - 448 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ СТАНКОВ

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Парфёнов И.В., канд. техн. наук, Позевалкин В.В.
Оренбургский государственный университет

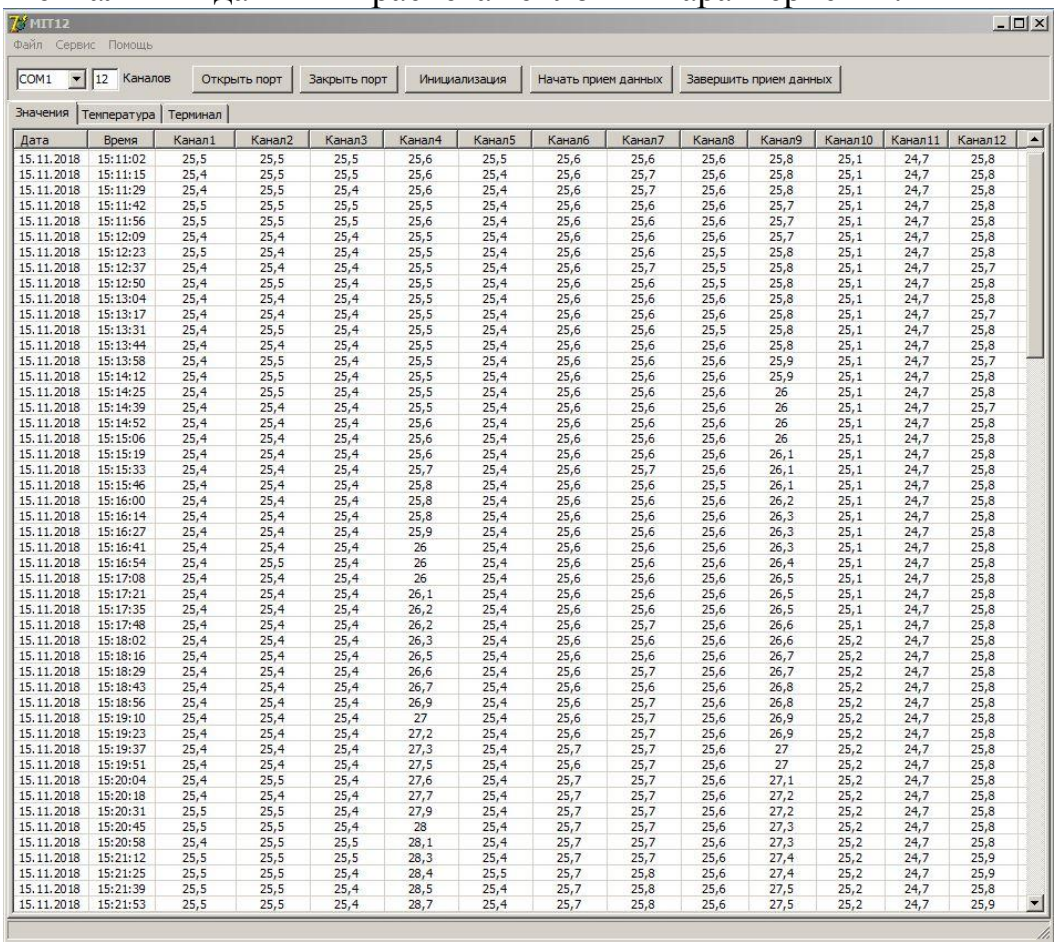
Тепловые процессы, протекающие при механической обработке на металлообрабатывающих станках и их влияние на точность изготавливаемых деталей, до сих пор полностью не исследованы из-за их сложного характера и сложной взаимосвязи между температурными полями и порождаемыми ими деформациями [1]. Чрезмерный нагрев несущей системы станка и других конструктивных элементов оказывает негативное влияние, способствуя тепловой деформации, что считается одним из основных источников погрешностей при механической обработке деталей, доля которого достигает в отдельных случаях 70-80% на получистовых, финишных чистовых и отделочных технологических операциях. Однако методики тепловых испытаний станков, разработанные еще в 60-70 годах прошлого века [2, 3] и применяемые до настоящего времени, требуют существенного пересмотра, уточнения и корректировки. Основные усилия развития существующих методик необходимо направить в сторону расширения спектра получаемых видов тепловых характеристик, автоматизации статистической и других методов обработки больших потоков экспериментальных данных, а также построения первичных математических моделей на их базе. Таким образом, исследования тепловых процессов в станках и совершенствование методик их проведения являются актуальными и требуют пристального внимания.

Определение в реальном режиме времени температуры в заданной зоне станка, а также распределения тепловых полей имеет особое значение, из-за её влияния на точность и качество обрабатываемой детали. До настоящего времени предпринимались многочисленные попытки решения тепловой проблемы различными методами, включая экспериментальный, аналитический и численный анализ [4, 5]. Но, несмотря на значительный объём работ в данной предметной области, вряд ли существует консенсус в отношении основополагающих принципов. Уникальные тепловые явления, которые могут возникнуть в процессе механической обработки в несущей системе станка и других его конструктивных элементах, могут быть сильно локализованы и не линейны. Это, в свою очередь, затрудняет точное прогнозирование или даже оценку эффективности различных методов, разработанных для моделирования тепловых процессов в металлообрабатывающих станках. Точный и повторяемый прогноз температуры остается затруднительным из-за сложного характера тепловых явлений в станках.

Но вместе с тем важность повышения точности прецизионных станков [6] с числовым программным управлением хорошо известна из-за возрастающей потребности в уменьшении допустимой погрешности изготовления продукции. Достижение повышения точности путём тщательного проектирования широко применялось для решения проблем с температурной погрешностью [7]. Однако затраты на производство, связанные с вышеуказанным подходом, будут очень высокими, если требования к точности превысят некоторые уровни.

В последнее время, благодаря развитию методов определения чувствительности, моделирования и компьютерной техники, компенсация температурной погрешности в реальном времени на основе программного подхода получила широкое распространение для дальнейшего повышения точности станков. С точки зрения компенсации температурной погрешности с применением программных средств, регрессионный анализ и нейронные сети широко применяются для создания моделей тепловых деформаций. Однако для повышения точности моделей оба метода требуют довольно большого количества исходных экспериментальных данных. Поэтому разработка программного средства по автоматизации процессов сбора и обработки экспериментальной информации о тепловом состоянии станка в реальном режиме времени является актуальной задачей.

На рисунке 1 представлена экранная форма программного средства, позволяющего в реальном режиме времени считывать показатели температуры в заданных зонах станка, а также выполнять процедуры аппроксимации экспериментальных данных и расчёта тепловых характеристик.



Дата	Время	Канал1	Канал2	Канал3	Канал4	Канал5	Канал6	Канал7	Канал8	Канал9	Канал10	Канал11	Канал12
15.11.2018	15:11:02	25,5	25,5	25,5	25,6	25,5	25,6	25,6	25,6	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:11:15	25,4	25,5	25,5	25,6	25,4	25,6	25,7	25,6	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:11:29	25,4	25,5	25,4	25,6	25,4	25,6	25,7	25,6	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:11:42	25,5	25,5	25,5	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,7	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:11:56	25,5	25,5	25,5	25,6	25,4	25,6	25,6	25,6	25,7	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:12:09	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,7	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:12:23	25,5	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,5	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:12:37	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,7	25,5	25,8	25,1	24,7	25,7
15.11.2018	15:12:50	25,4	25,5	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,5	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:13:04	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:13:17	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,8	25,1	24,7	25,7
15.11.2018	15:13:31	25,4	25,5	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,5	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:13:44	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,8	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:13:58	25,4	25,5	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,9	25,1	24,7	25,7
15.11.2018	15:14:12	25,4	25,5	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	25,9	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:14:25	25,4	25,5	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	26	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:14:39	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,6	25,6	25,6	26	25,1	24,7	25,7
15.11.2018	15:14:52	25,4	25,4	25,4	25,6	25,4	25,6	25,6	25,6	26	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:15:06	25,4	25,4	25,4	25,6	25,4	25,6	25,6	25,6	26	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:15:19	25,4	25,4	25,4	25,6	25,4	25,6	25,6	25,6	26,1	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:15:33	25,4	25,4	25,4	25,7	25,4	25,6	25,7	25,6	26,1	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:15:46	25,4	25,4	25,4	25,8	25,4	25,6	25,6	25,5	26,1	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:16:00	25,4	25,4	25,4	25,8	25,4	25,6	25,6	25,6	26,2	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:16:14	25,4	25,4	25,4	25,8	25,4	25,6	25,6	25,6	26,3	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:16:27	25,4	25,4	25,4	25,9	25,4	25,6	25,6	25,6	26,3	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:16:41	25,4	25,4	25,4	26	25,4	25,6	25,6	25,6	26,3	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:16:54	25,4	25,5	25,4	26	25,4	25,6	25,6	25,6	26,4	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:17:08	25,4	25,4	25,4	26	25,4	25,6	25,6	25,6	26,5	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:17:21	25,4	25,4	25,4	26,1	25,4	25,6	25,6	25,6	26,5	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:17:35	25,4	25,4	25,4	26,2	25,4	25,6	25,6	25,6	26,5	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:17:48	25,4	25,4	25,4	26,2	25,4	25,6	25,7	25,6	26,6	25,1	24,7	25,8
15.11.2018	15:18:02	25,4	25,4	25,4	26,3	25,4	25,6	25,6	25,6	26,6	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:18:16	25,4	25,4	25,4	26,5	25,4	25,6	25,6	25,6	26,7	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:18:29	25,4	25,4	25,4	26,6	25,4	25,6	25,7	25,6	26,7	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:18:43	25,4	25,4	25,4	26,7	25,4	25,6	25,6	25,6	26,8	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:18:56	25,4	25,4	25,4	26,9	25,4	25,6	25,7	25,6	26,8	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:19:10	25,4	25,4	25,4	27	25,4	25,6	25,7	25,6	26,9	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:19:23	25,4	25,4	25,4	27,2	25,4	25,6	25,7	25,6	26,9	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:19:37	25,4	25,4	25,4	27,3	25,4	25,7	25,7	25,6	27	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:19:51	25,4	25,4	25,4	27,5	25,4	25,6	25,7	25,6	27	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:20:04	25,4	25,5	25,4	27,6	25,4	25,7	25,7	25,6	27,1	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:20:18	25,4	25,4	25,4	27,7	25,4	25,7	25,7	25,6	27,2	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:20:31	25,5	25,5	25,4	27,9	25,4	25,7	25,7	25,6	27,2	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:20:45	25,5	25,5	25,4	28	25,4	25,7	25,7	25,6	27,3	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:20:58	25,4	25,5	25,5	28,1	25,4	25,7	25,7	25,6	27,3	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:21:12	25,5	25,5	25,5	28,3	25,4	25,7	25,7	25,6	27,4	25,2	24,7	25,9
15.11.2018	15:21:25	25,5	25,5	25,4	28,4	25,5	25,7	25,8	25,6	27,4	25,2	24,7	25,9
15.11.2018	15:21:39	25,5	25,5	25,4	28,5	25,4	25,7	25,8	25,6	27,5	25,2	24,7	25,8
15.11.2018	15:21:53	25,5	25,5	25,4	28,7	25,4	25,7	25,8	25,6	27,5	25,2	24,7	25,9

Рисунок 1 Главная форма программного средства

Программное средство считывает данные с отечественного многоканального измерителя температуры МИТ-12ТП, который подключается к ЭВМ через универсальную последовательную шину с помощью конвертора RS-232/USB, необходимого для сопряжения устройства с ЭВМ. Программное средство обладает удобным пользовательским интерфейсом, а также модулями математической обработки исходных экспериментальных данных и графического отображения результатов. После получения необходимого набора экспериментальных данных, программное средство позволяет проводить регрессионный анализ, то есть реализует процедуры сглаживания с использованием фильтра Савицкого-Голея, аппроксимации на основе полиномиальных моделей [8] и кубического интерполяционного сплайна.

На рисунке 2 представлена экранная форма программного средства с графиком исходных экспериментальных данных и аппроксимирующих значений функции.

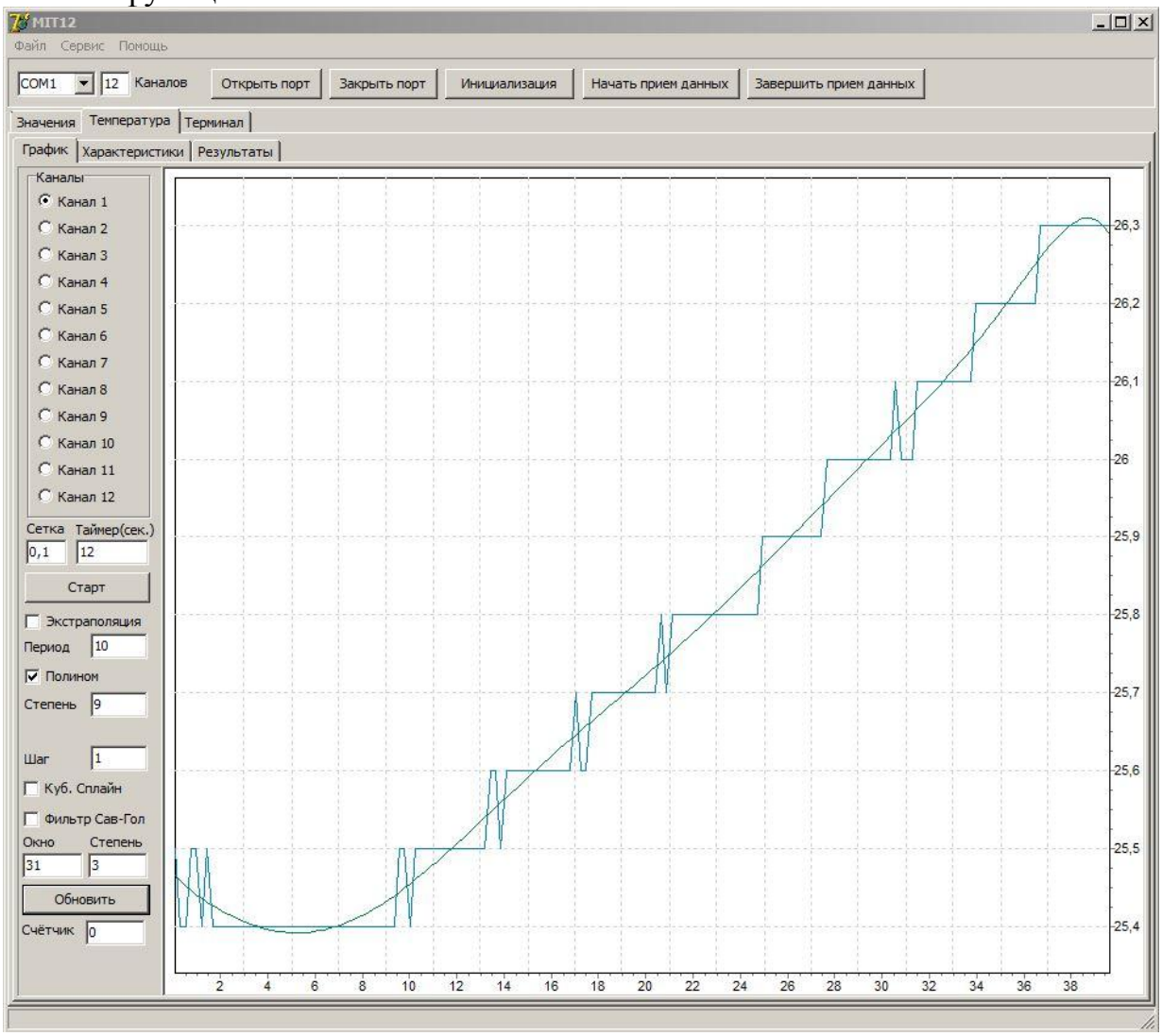


Рисунок 2 Экранная форма с графиком исходных экспериментальных данных и аппроксимирующих значений функции

Разработанное программное средство также позволяет выполнять процедуры расчёта тепловых характеристик станка на основе производных высокого порядка от полиномиальной функции произвольной степени, которые представляют собой параметры скорости, ускорения и резкости изменения температуры во времени. На рисунке 3 представлена экранная форма программного средства с графиками тепловых характеристик станка.

В программном средстве предусмотрено наличие специализированного модуля, содержащего программную реализацию методов математической обработки экспериментальных данных и встроенного непосредственно программу. Это позволяет, во-первых, проводить анализ результатов эксперимента в реальном режиме времени. А во-вторых, исключает необходимость проведения процедуры экспорта данных, для их математической обработки, в различные системы символьных вычислений, таких как MATHCAD, MAPLE, MATHEMATICA и так далее. Которые чаще всего являются программными средствами иностранного производства и к тому же довольно дорогими для приобретения.

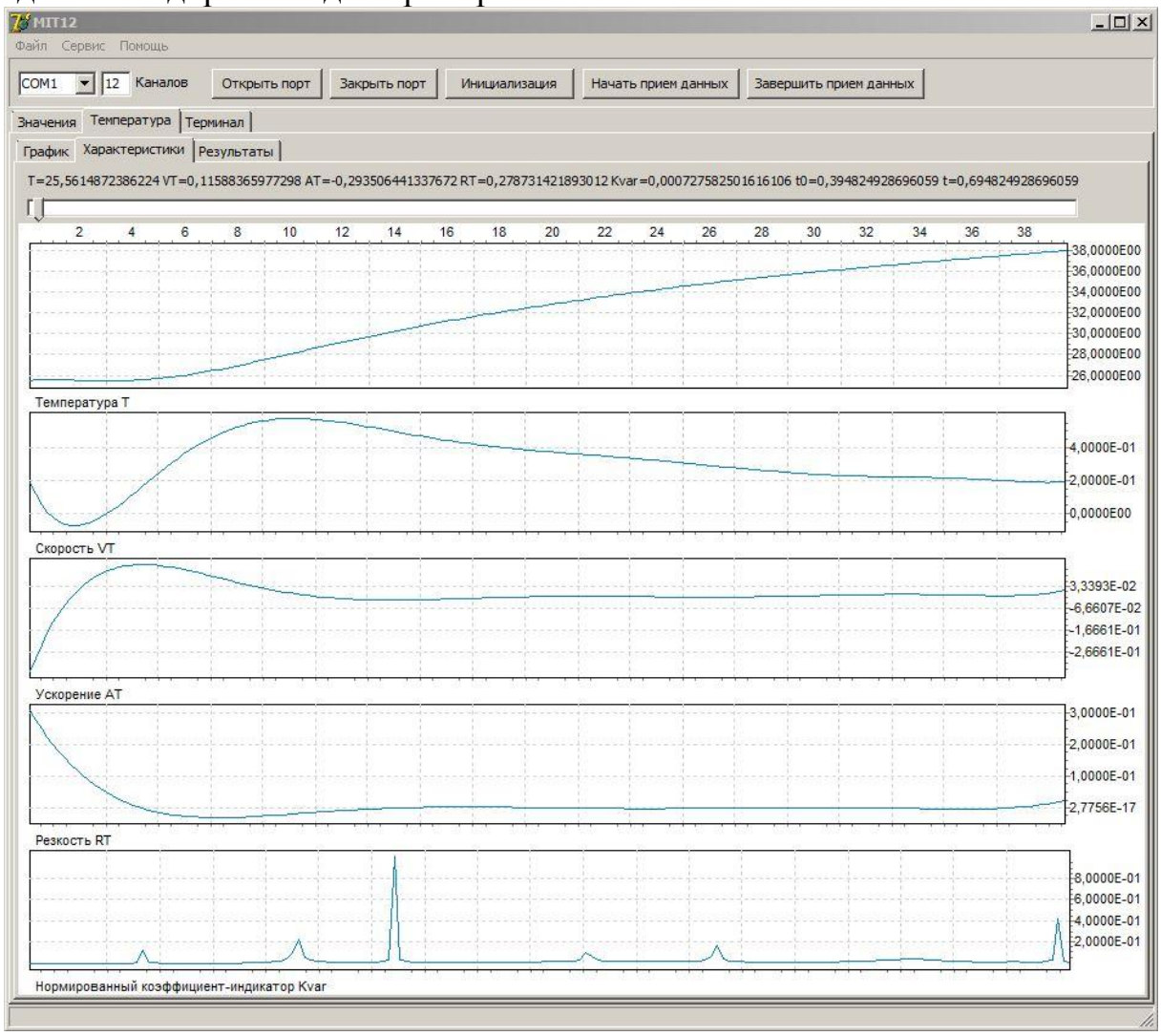


Рисунок 3 Экранная форма с графиками тепловых характеристик станка

Таким образом, повышение точности обработки деталей на станках с ЧПУ является достаточно сложной технической задачей, включающей в себя, помимо всего прочего, разработку специализированного программного и аппаратного обеспечения. В соответствии с графиком плановых профилактических осмотров станка проводятся его тепловые испытания. Производится обработка экспериментальных данных с применением данного программного средства. Выполняется анализ полученных результатов, и устанавливаются причины возникновения параметрических отказов, например, путём осуществления идентификации состояния станка. Установленные по результатам натурных испытаний функциональные зависимости могут быть применены как для диагностирования точности, так и для разработки алгоритма компенсации температурных погрешностей для управляющих программ системы ЧПУ.

Данное программное средство также может применяться в образовательном процессе подготовки инженеров для проведения практических и лабораторных занятий преподавателями по дисциплинам, в которых студенты должны научиться применять свои знания, а не только приобретать их. Строить математические модели и применять их для прогнозирования и анализа результатов.

Список литературы

1. Косарев, М.В. Экспериментальные исследования и моделирование процесса управления тепловыми деформациями металлорежущих станков. Вестник МГТУ Станкин. 2013. № 3 (26). С. 67-70.

2. Соколов, Ю.Н. Расчет температурных полей и температурных деформаций металлорежущих станков. М., ЦБТИ, 1958, 83с.

3. Соколов, Ю.Н. Температурные расчеты в станкостроении. М., Машгиз, 1965, 79с.

4. Леонтьева, А.С. Повышение точности обработки на станках с ЧПУ при учёте погрешностей возникающих при обработке резанием / А.С. Леонтьева, М.Д. Ильинский // Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике (МНТК ФТИ-2017). - Москва, 06-07 апреля 2017 г. С. 195-197.

5. Казакова, О.Ю. Повышение точности при обработке заготовок на станках с ЧПУ / О.Ю. Казакова, В.И. Петрунин, А.А. Казаков // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2016. - №2(56). С. 44-48.

6. Додонов, В.В. Повышение точности обработки на станках с числовым программным управлением. Инженерный журнал: наука и инновации, 2016, вып. 6. http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2016-06-1506

7. Берлинер, Э.М. Повышение точности обработки заготовок на станках с ЧПУ. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 6. С. 219-222.

8. Позевалкин, В.В. Исследование алгоритма построения степенных интерполяционных полиномов при обработке экспериментальных данных в

тепловых испытаниях станков / В.В. Позевалкин, И.В. Парфёнов, А.Н. Поляков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 109-118.

ГРАНТОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ: ФОРМИРОВАНИЕ И НАРАЩИВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент,
Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор,
Чирков Ю.А., д-р техн. наук, доцент,
Кушнаренко В.М., д-р техн. наук, профессор,
Лисицкий И.И., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

В данной статье рассматривается грантовая деятельность и потенциал развития образовательных практик на примере Аэрокосмического института (АКИ) как одного из мощнейших структурных подразделений Оренбургского государственного университета (ОГУ). В университете грантовая деятельность является важным направлением развития научно-исследовательской деятельности вуза.

Априори, любой грант − это целевые денежные средства, предоставляемые безвозвратно и безвозмездно на реализацию конкретного проекта, как правило, с обязательным предоставлением отчёта о целевом использовании полученных средств. И вместе с тем, грантовая поддержка способствует развитию исследований и сохраняет научный и теоретический потенциал любого структурного подразделения АКИ. Финансирование, выделяемое в рамках грантов, обеспечивает интерес к постоянной генерации научных знаний, является стимулом поиска новых идей и развития существующих открытий. С помощью грантов оказывается необходимая поддержка проектам, которые (даже не являясь прибыльными) могут играть важную роль в развитии конкретного структурного подразделения ВУЗа, города, региона или общества в целом.

Вместе с тем, стоит отметить, что получение грантовой поддержки – это не только дополнительное финансирование научных проектов, но и повышение научного престижа и рейтинга отдельных ученых, подразделений и исполнителей. Опыт успешной реализации грантов позволяет в последующем претендовать на реализацию более масштабных проектов.

Сотрудниками Аэрокосмического института при содействии управления научных исследований Университета регулярно проводится мониторинг актуальных грантов, научных конкурсов и федеральных целевых и ведомственных программ, в которых могут принимать участие не только сотрудники, но и обучающиеся университета. К примеру, в качестве источников финансирования своих проектов, сотрудниками АКИ всегда рассматриваются конкурсы Всероссийского уровня на выделение финансирования. Это гранты Президента РФ, гранты Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Российского научного фонда (РНФ), Фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической

сфере (Фонд содействия инновациям), конкурсы Министерства образования РФ, гранты и конкурсы Российской академии наук.

Не остаются без внимания и региональные и федеральные инвестиционные программы, конкурсы и гранты. И, конечно, интерес вызывают у исследователей международные инвестиционные программы и гранты.

Также необходимо отметить, что сотрудники АКИ постоянно оценивают возможность участия в конкурсах, проводимые Институтом информационных систем, Институтом робототехники, Центром прорывных исследований, Фондом содействия инновациям и многими другими.

Для поиска грантов и конкурсов, как правило, научно-педагогические работники (НПР) могут воспользоваться информацией, размещенной:

− на постоянно обновляемой интернет-странице управления научных исследований (УНИ) ОГУ;

− и на сайте Министерства образования Оренбургской области в разделе «Наука и научно-техническая деятельность».

Уточним, что и в УНИ, и в отделе науки, координации детельности вузов Министерства образования Оренбургской области всегда можно получить консультацию и помощь в вопросах оформления официальной документации, входящей в состав конкурсных заявок; получить методическую поддержку при реализации гранта, а также руководители проектов всегда в курсе мониторинга качества и соблюдения сроков исполнения отчётной документации.

Исходя из далеко неполного перечня организаций и фондов, оказывающих грантовую поддержку современным преподавателям, занимающимся научной деятельностью, можно сделать простой, но ёмкий вывод: «Только ленивый не участвует в грантовой деятельности ВУЗа».

Приведем лишь некоторые фактические пятилетние данные, демонстрирующие результативность научно-исследовательской работы научно-педагогических работников Аэрокосмического института. Объем привлеченных субсидий на осуществление научной деятельности на протяжении 5 лет остается довольно высоким. Даже при минимальных цифрах в 2015 году общий объем стороннего финансирования АКИ составил более 15 миллионов рублей (что соответствует объему НИОКР в расчете на одну ставку НПР 298 тыс. руб.), а в 2017 году возрос до рекордной для АКИ цифры в 31,5 млн. рублей (что соответствует объему НИОКР в расчете на одну ставку НПР более 530 тыс. руб.).

При этом стоит отметить, что количество заявок, поданных на получение грантов, значительно сократилось, а количество финансируемых проектов увеличилось. И основные причины здесь заключаются:

− во-первых, в более сложной структуре конкурсной документации, предъявляемой различными фондами к заявленным проектам и механизмам ее подготовке (а также сокращению сроков, отведенных на подготовку заявок);

− во-вторых, изменению уровня организации и управления научной деятельностью Аэрокосмического института (сюда помимо научного

потенциала входит и творческий потенциал ученых, и рациональная организация научного труда, и повышение эффективности научных исследований);

− в-третьих, изменением научно-образовательного потенциала ППС – это «особым образом организованной совокупности имеющихся ресурсов, средств, возможностей и условий совершенствования теоретической и практико-ориентированной деятельности в области интеллектуального развития личности средствами науки».

Превалирующее большинство субсидий в прошедшую «пятилетку» было получено по государственным контрактам и государственным заданиям. Лишь 2 проекта были поддержаны РФФИ и на выполнение 1 НИР получен грант Правительства Оренбургской области.

Вместе с тем, с 2013 года ведется огромная, кропотливая работа по грантам «Совершенствование подготовки кадров для приоритетных направлений развития экономики Оренбургской области на основе кластерной модели», «Кадры для регионов».

В 2014 году Правительство Оренбургской области в лице конкурсного комитета Министерства образования поддержало грантами еще 2 проекта. Далее финансовая поддержка научной деятельности ППС АКИ увеличилась за счет выполнения двух хозяйственных договоров.

А также с этого периода наметилась положительная тенденция выполнения Госзаданий, утвержденных приказами Минобрнауки «Поддержка программ развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса» − «Новые кадры ОПК-2014,2015, 2016, 2017».

В 2015 году грантовая деятельность сотрудников АКИ также увенчалась успехом. Был получен Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых на выполнение работы «Автоматизация проектирования дополнительных аэродинамических поверхностей крыла как элемента жизненного цикла воздушного судна». В 2016 году работа по этому проекту также был поддержана и продлена как доп.соглашение к гранту Президента РФ.

В 2017 году 17 финансируемых проектов сотрудников АКИ распределились по категориям:

− 2 гранта Президента РФ;

− гранты Правительства Оренбургской области (2 проекта, с объемом финансирования 5 и 1,5 млн. руб.);

− персональные стипендии Оренбургской области (3 работы, 2 из которых как молодым докторам наук и 1 как кандидату наук);

− 5 хоздоговоров с различными предприятиями Оренбургской области;

− 3 государственных задания «Новые кадры ОПК-2015, 2016, 2017»;

− 1 госконтракт на проведение Всероссийской научно-практической конференции «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии».

В 2018 году тенденция к росту финансирования научных и образовательных проектов научно-педагогических сотрудников АКИ продолжилась.

Подтверждение профессионализма НПР АКИ и их способности к эффективной работе в условиях конкуренции на рынке образовательных услуг и наукоемких технологий находят в различных публикациях в средствах массовой информации, которые в свою очередь являются для молодых начинающих исследователей и покорителей науки мотивирующим фактором к приобщению к такого рода деятельности.

Следует отметить, что за последние время резко возросло количество обучающихся, участвующих в НИРС (практически на треть), а процент от общего числа студентов в АКИ составил 26,5%.

Получаемый опыт участия обучающихся института в выполнении научных исследований под руководством ведущих специалистов АКИ позволяет им самостоятельно оформлять заявки и принимать участие в конкурсах инновационных проектов Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программам «УМНИК» и «СТАРТ». В 2018 году обучающимися АКИ было подготовлено и представлено на конкурсы по упомянутым программам Фонда 9 заявок. По результатам отборочных туров поддержка Фондом была оказана четырем инновационным проектам на общую сумму в 2,0 млн. рублей. В 2017 году финансовая поддержка была оказана трем инновационным проектам на сумму в 1,5 млн. рублей.

Всему этому, без сомнения, способствовали активизация научной работы на кафедрах АКИ и вовлечение достаточно большого числа студентов в проектную деятельность кафедр по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса (это стало возможным в рамках выполнения госзадания «Новые кадры ОПК – 2016, 2017»).

К данной научно-образовательной сфере относятся доступность для обучающихся:

− стажировок (не только ППС, но и обучающихся);

− участие в научно-методических семинарах, проводимых не только непосредственно в структурных подразделениях, но и с приглашенными потенциальными-работодателями;

− различные мастер-классы, курсы повышение квалификации;

− вовлечение обучающихся в публикационную деятельность кафедр;

− приобщение их к выполнению отдельных небольших разделов хоздоговоров, заключенных с предприятиями и многое другое.

Отчетливо осознавая необходимость в приобретении опыта в проектной, научно-исследовательской деятельности, студенты активно и весьма охотно принимают участия в различных конкурсах не только всероссийского, но и международного уровня.

Такая работа стала возможной, благодаря активному сотрудничеству с отделом по социально-воспитательной работе, а также организации (со стороны этого структурного подразделения) информационного обеспечения различных социально-значимых проектов, поддерживаемых грантами фондами и организациями и подготовке предложений и координации материально-технического обеспечения различных работ.

Резюмируя вышеизложенное, отмечается, что результаты работ, полученных в ходе осуществления грантовой деятельности НПР Аэрокосмического института, направлены на развитие экономики Оренбургской области. Основная часть всех проектов, поддержанных грантами соответствует «Стратегии развития Оренбургской области до 2020 года и на период до 2030 года» (постановление Правительства Оренбургской области № 551-пп от 20.08.2010 г.).

Намерения внедрения в хозяйственный оборот предприятий Оренбургской области результатов НИОКР Аэрокосмического института ОГУ имеют организации, территориально расположенные не только на востоке Оренбуржья (ввиду уже сложившихся партнерских связей между образовательным учреждением и производственниками), но и сосредоточенные в самом центре региона. При этом научный коллектив АКИ остается благодарным Министерству экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области; Оренбургскому областному союзу промышленников и предпринимателей (работодателей); Союзу «Торгово-промышленная палата Оренбургской области» за участие в формировании векторов направлений исследований; за внимание и содействие, оказанные различным проектам на различных этапах их реализации.

Список литературы

1. Сердюк, А.И. Разработка организационно-методической системы и механизма функционирования новой образовательной технологии в Аэрокосмическом институте ОГУ [Электронный ресурс] / А.И. Сердюк, Е.В. Пояркова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29-31 янв. 2014 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". − Оренбург, 2014. − С. 468-471.

2. Poyarkova, E.V. The Scientific and methodological aspects of training of modern engineers in the structure of the interaction "UNIVERSITY - industrial enterprise" / E.V. Poyarkova, A.I. Serdyuk, A.D. Pripadchev // The Strategies of Modern Science Development: Proceedings of the VIII International scientific-practical conference : materials of conference 2015, North Charleston. − Electronicdata. - NorthCharleston: CreateSpace, 2015. − С. 60-64.

3. Сердюк, А.И. Научно-методический подход к подготовке современных технических специалистов [Электронный ресурс] / А.И. Сердюк, Е.В. Пояркова // Университетский комплекс как региональный центр образования,

науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. Участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. ун-т". − Электрон. дан. − Оренбург, 2015. − С. 131-136.

4. Пояркова, Е.В. Критерии отбора инженерного содержания профессионально ориентированного обучения студентов / Е.В. Пояркова, Ж.Г. Калеева // Научное обозрение: гуманитарные исследования, 2016. − № 8. − С. 58-61.

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Пояркова Е.В., д-р техн. наук, доцент,
Узяков Р.Н., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Априори, подготовка инженерных кадров в обязательном порядке включает изучение таких общеинженерных дисциплин как «Сопротивление материалов» и «Детали машин». Для немеханических специальностей данные дисциплины, как правило, включаются в курсы «Механика», «Прикладная механика», «Техническая механика».

В процессе изучения дисциплин «Механика», «Прикладная механика», «Техническая механика» и «Детали машин» студенты получают теоретические знания по расчету и конструированию деталей и узлов общего назначения, встречающихся в различных механизмах и машинах. Полученные знания закрепляются выполнением курсовых проектов (КП).

Целью курсового проектирования является формирование практических навыков и умения самостоятельного решения инженерных задач, развитие творческих способностей и освоение технической, нормативной и справочной литературой.

Курсовой проект должен содержать расчет и конструирование механических передач с достаточным числом деталей общего назначения для успешного освоения основ их проектирования. Силовые приводы цепных конвейеров (ПЦК) и ленточных транспортеров (ПЛТ), как правило, имеют необходимое количество таких деталей. Они включают в себя электродвигатель, муфты, открытые и закрытые (редукторы) передачи.

Вопросам проектирования зубчатых передач посвящена данная статья.

При этом необходимо отметить, что в отечественном редукторостроении экономически целесообразно применять в качестве материалов заэвтэктоидные стали с твердостью НВ $\leq$ 350. Вместе с тем, механические свойства термически обработанных сталей в значительной степени зависят от размеров и вида заготовок. И это вызывает значительные трудности у студентов при выборе материала (сталей) для изготовления зубчатых колес. Дело в том, что размеры колес определяются после установления основного параметра закрытых передач – межосевого расстояния для цилиндрических зубчатых передач или внешнего делительного диаметра для конических зубчатых передач. А основной параметр определяется в зависимости от контактной прочности материала колес, которая в свою очередь, зависит от марки стали, размеров и вида заготовки, а также применяемой термической обработки (ТО).

Аналогично для открытых цилиндрических передач основным параметром является нормальный модуль зацепления, который также зависит от марки стали, размеров, вида заготовки и применяемой ТО.

К сожалению, не только студенты, но и преподаватели не всегда могут заранее определить размеры заготовок необходимых для изготовления шестерни и зубчатого колеса.

Исходными данными для расчета зубчатых передач являются: передаточное число и моменты на валах передачи. Используя эти данные, а также средние значения передаточных отношений для передач и среднее значение допускаемых контактных напряжений и допускаемых напряжений изгиба для улучшаемых и нормализованных сталей нами предлагаются формулы для определения размеров заготовок.

Ориентировочно размеры заготовок определяют по следующим формулам:

− для прямозубых цилиндрических закрытых передач:

$$d_{1загот} \approx 3{,}5 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{u_{12}^2}}, \qquad d_{2загот} \approx d_{1загот} \cdot u_{12}, \text{ мм};$$

− для косозубых цилиндрических закрытых передач:

$$d_{1загот} \approx 2{,}5 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{u_{12}^2}}, \qquad d_{2загот} \approx d_{1загот} \cdot u_{12}, \text{ мм};$$

− для прямозубых конических закрытых передач:

$$d_{2загот} \approx 3{,}7 \cdot \sqrt[3]{T_2 \cdot u_{12}}, \qquad d_{1загот} \approx \frac{d_{2загот}}{u_{12}}, \text{ мм};$$

− для прямозубых цилиндрических открытых передач:

$$d_{1загот} \approx 2{,}2 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{u_{12}}}, \qquad d_{2загот} \approx d_{1загот} \cdot u_{12}, \text{ мм};$$

где $d_{1загот}$, $мм$ – диаметр заготовки шестерни;

$d_{2загот}$, $мм$ – диаметр заготовки зубчатого колеса;

u_{12} – передаточное число зубчатой передачи;

T_2, $Н \cdot мм$ – момент на зубчатом колесе.

При этом необходимо помнить, что твердость материала шестерни должна быть выше твердости материала колеса:

$$HB_1 \geq HB_2 + (20...50).$$

большие значения добавляют при больших передаточных числах.

В историческом аспекте известно, что основы науки «Детали машин» были полностью разработаны в 19 веке. В 20 веке получили распространение клиноременные передачи, разработаны поликлиноременные передачи и передачи зубчатым ремнем, а также волновые и шарико-винтовые передачи. В тоже время в течении 20-го века было выпущено огромное количество технической и учебной литературы по курсу «Детали машин». Разные авторы излагали свои взгляды и методики расчета деталей машин, не меняющие физической сущности, основой которых являются сведения из курса «Сопротивление материалов». Поэтому расчеты, выполненные по разным

методикам, дают практически одинаковые результаты, имеющие незначительные расхождения.

Анализ данной литературы показал, что таблицы механических характеристик сталей для изготовления зубчатых колес «кочуют» из учебника в учебник лишь с небольшими изменениями и имеют три основных типа (таблицы 1, 2, 3).

Таблица 1 − Механические свойства сталей, применяемых для изготовления зубчатых колёс [1]

Марка стали	Диаметр заготовки, мм	Предел прочности $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Твёрдость НВ (средняя)	Термообработка
45	100-500	570	290	190	Нормализация
45	До 90 90-120 Св. 120	780 730 690	440 390 340	230 210 200	Улучшение
30ХГС	До. 140 Св. 140	1020 930	840 740	260 250	
40Х	До 120 120-160 Св. 160	930 880 830	690 590 540	270 260 245	
40ХН	До 150 150-180 Св. 180	930 880 835	690 590 540δ	280 265 250	

Таблица 2 − Свойства материалов, применяемых для изготовления зубчатых колёс [2]

Марка стали	Термообработка	Предельные размеры заготовки, мм		Твердость зубьев		$\sigma_в$, МПа
		$D_{пр}$	$S_{пр}$	В сердцевине	На поверхности	
45	Улучшение Улучшение	125 80	80 50	235-262 НВ 269-302 НВ	235-262 НВ 269-302 НВ	540 650
40Х	Улучшение Улучшение Улучшение и закалка ТВЧ	200 125 125	125 80 80	235-262 НВ 269-302 НВ 269-302 НВ	235-262 НВ 269-302 НВ 45-50 HRC	640 750 750
40ХН, 35ХМ	Улучшение Улучшение Улучшение и закалка ТВЧ	315 200 200	200 125 125	235-262 НВ 269-302 НВ 269-302 НВ	235-262 НВ 269-302 НВ 48-53 HRC	630 750 750

40ХНМА, 38Х2МЮА	Улучшение и азотирование	125	80	269-302 НВ	50-56 HRC	780
20Х, 20ХН2М, 18ХГТ, 12ХН3А, 25ХГМ	Улучшение, цементация и закалка	200	125	300-400 НВ	56-63 HRC	800

Таблица 3 – Механические характеристики некоторых сталей для изготовления зубчатых колёс и других деталей [3]

Марка стали	Вид заготовки	Заготовка шестерни $D_{пр}$, мм	Заготовка колеса $S_{пр}$, мм	Термо-обработка*	Твёрдость заготовки (зубьев)		$\sigma_в$	σ_t	$\sigma_{\sigma-1}$
					поверхности	сердцевины	Н/мм^2		
35	Поковка	Любые р-ры	Любые р-ры	Н	163…192 НВ		550	270	235
40	*	120	60	У	192…228 НВ		700	400	300
45	*	Любые р-ры	Любые р-ры	Н	179…207 НВ		600	320	260
45	*	125	80	У	235…262 НВ		780	540	335
45	*	80	50	У	269…302 НВ		890	650	380
40Х	*	200	125	У	235…262 НВ		790	640	375
40Х	*	125	80	У	269…302 НВ		900	750	410
40Х	*	125	80	У+ТВЧ	45…50 HRC	269…302 НВ	900	750	410
40ХН	*	315	200	У	235 …262 НВ		800	630	380
40ХН	*	200	125	У	269 …302 НВ		920	750	420
40ХН	*	200	125	У+ТВЧ	48…53 HRC	269…302 НВ	920	750	420
35ХМ	*	315	200	У	235…262 НВ		800	670	380
35ХМ	*	200	125	У	269…302 НВ		920	790	420
35ХМ	*	200	125	У+ТВЧ	48…53 HRC	269…302 НВ	920	790	420
35Л	Литьё	Любые р-ры	Любые р-ры	Н	163…207 НВ		550	270	235
40Л	*	*	*	Н	147 НВ		520	295	225
45Л	*	315	200	У	207…235 НВ		680	440	285
40ГЛ	*	315	200	У	235…269 НВ		850	600	365

* *В графе «Термообработка» приняты следующие обозначения:*
Н – нормализация, У – улучшение, ТВЧ – закалка токами высокой частоты

Анализируя табличные данные и резюмируя вышеизложенное, были сделаны следующие заключения:

1. По размерам заготовок: первый тип дает диаметры заготовки, которые нельзя определить заранее; второй тип дает предельные размеры заготовок, которые также нельзя определить заранее; третий тип дает эскизы заготовок и предельные размеры заготовок, которые также нельзя определить до полного расчета передачи.

2. По виду заготовки: первые два вида вообще не дают этот параметр, а третий дает только два вида – поковка и литьё. В то время как шестерни и вал-шестерни диаметром до 100 мм изготавливают из круглого проката.

3. По виду термообработки: первый тип дает нормализацию и улучшение, что соответствует твердости $HB \leq 350$ наиболее часто применяемой в редукторостроении, второй и третий тип добавляют улучшение + закалка ТВЧ, что редко используется в редукторостроении.

4. По виду твердости: первый тип дает конкретные значения, второй и третий тип дают диапазоны значений, что значительно увеличивает степень неопределенности для студентов.

В результате студенты выбирают стали и термообработку по принципу: «либо что попало, либо то, что сказал преподаватель». Данная ситуация является неприемлемой, так как студенты по данному вопросу не получают ни знаний, ни умений.

Проведя анализ современных марочников сталей, нами предлагается таблица механических характеристик сталей для изготовления зубчатых колес (таблица 4), позволяющая обучающимся, с учетом предложенного выше метода определения размеров заготовок, осознано подбирать материал для зубчатых передач в курсовом проектировании. Данная таблица предназначена для учебных целей и, ни в коем случае, не претендует на абсолютную истину.

Таблица 4 – Механические характеристики сталей для изготовления зубчатых колес

Марка стали	Диаметр мм, вид заготовки	Предел прочности $\sigma_В$ Н/мм^2	Предел текучести $\sigma_Т$ Н/мм^2	Твердость (средняя) НВ	Термообработка
40	100-300, поковка	470	245	165	Нормализация
45	100-300, поковка	530	275	175	
50	100-300, поковка	570	315	185	
40	До 90, прокат	780	630	220	Улучшение
45	До 90, прокат	820	570	230	
	90-120, прокат	750	545	210	
	Св. 130, поковка	680	425	200	
30ХГС	До 80, прокат	860	730	250	

	Св. 80, поковка	785	625	225	
40Х	До 100, прокат	980	780	270	
	100-200, поковка	860	720	260	
40ХН	До 100, прокат	980	785	280	
	100-300, поковка	910	760	265	
35ХМ	До 100, прокат	950	840	300	
	До 300, поковка	780	590	260	
40ХН2МА	До 100, прокат	1070	950	310	
	Св 100, поковка	960	860	265	
40Л	Св. 300, литье	475	260	160	Нормализация
45Л	Св. 300, литье	520	290	180	
40Л	Св. 300, литье	550	350	170	Улучшение
45Л	Св. 300, литье	550	320	190	
35ГЛ	Св. 300, литье	600	350	200	
30ГСЛ	Св. 300, литье	650	400	210	

Список литературы

1 Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов/ С.А. Чернавский [и др.].– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.: ил..

2 Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие для студентов технических специальностей вузов / В.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия». – 2003. – 496 с.: ил.

3 Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград: Янтарный сказ, 2002. –454 с.: ил., черт.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ САМОЛЕТА НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Исхаков Р.Р., Горбунов А.А., канд. техн. наук, Кондров Я.В.
Оренбургский государственный университет

На первоначальном этапе проектирования самолета осуществляется формирование его облика. Под обликом понимаем выбор основных проектных параметров самолета, обуславливающих наилучшие показатели качества при удовлетворении заданным ТТТ и ограничениям.

Процесс компоновки самолета характеризуется выбором определенного сочетания и взаимного расположения различных агрегатов самолета, в частности, выбором формы крыла в плане и положения его относительно фюзеляжа; типа и расположения горизонтального (ГО) и вертикального оперения (ВО); типа, числа и компоновки двигателей и т.д. Определение «схемы» самолета позволяет качественно формализовать выбранную компоновку, причем параметры могут быть абсолютными и относительными. Использование при формировании облика самолета всего множества параметров (несколько сотен) представляет собой сложную и трудоемкую задачу, так как требуется многоуровневый анадиз большого числа связей и соотношений, описьшаюпщх процесс функционирования самолета и являющихся многопараметрическими.

Поэтому в процессе формирования облика самолета больше, чем где-либо, присутствует воображение, интуиция и личный опыт конструктора. Это особенно характерно для стадии появления первого рисунка самолета — синтеза компоновочной схемы.

Синтез компоновочной схемы самолета — увязка в сжатые сроки разноплановых противоречий, решение целого комплекса проблем, связанных, прежде всего с неоднозначностью в выборе оптимального решения и противоречивостью требований, предъявляемых к проекту.

Появление нового поколения самолетов связано, как правило, с применением новых технических решений, приводящих к появлению новых качеств самолетов, недостижимых на самолетах предьщущих поколений.Новые технические решения требуют новых моделей, а новые качества —новых способов анализа. Проектная ситуация к началу разработки нового самолета может быть совершенно различной в зависимости от вида разработки:

- либо это новая разработка, но проводимая в рамках существующих концепций;
- либо это принципиально новое поколение самолетов, построенное на новых концепциях.

Однако в любом случае существует система обобщенных проектных параметров (ОПП), являющихся инвариантными по отношению к самолетам

различных типов и поколений. Под обобщенным проектным параметром будем понимать формализованный параметр, определяющий некоторые относительные характеристики конструкции самолета.

Чаще всего ОПП — относительные проектные параметры (удельная нагрузка на площадь крыла p_0, тяговооруженность $\overline{P}_0$ и т.д.), участвующие в анализе основных технических характеристик. Например, при расчете летно-технических характеристик (ЛТХ) самолета можно оперировать не абсолютными значениями (взлетная масса m_0, площадь крыла S, суммарная стартовыя тяга ΣP и т.д.), которые в зависимости от типа самолета измеьмются в весьма широких пределах, а значениями удельной нагрузки на крыло и относительной массой топлива, которые более консервативны и уровень которых определяет не только значения ЛТХ, но некоторые принципы реализации компоновочной схемы самолета.

Большинство ОПП связаны между собой определенными соотношениями. Кроме того, они как правило, влияют на частные критерии эффективности, вследствие чего некоторые ОПП могут рассматриваться как критерии качества (совершенства) компоновки проектируемого самолета.

Анализ изменения значений ОПП при переходе от одного поколения самолетов к другому позволяет конструктору-проектировщику спрогнозировать тенденцию их возможных изменений и понять, насколько проектируемый им самолет превосходит или уступает по значениям ОПП разрабатываемые в других фирмах самолеты аналогичного назначения.

Для режимов установившегося движения (а это примерно 90 % полетного времени) нам достаточно знать некоторые проектнве параметры, например — площадь крыла S, удлинение λ, угол стреловидности χ, сужение η, нормальную взлетную массу m_0, тяговооруженность $\overline{P}_0$. Остальные параметры для этих режимов являются «несущественными» и ими на начальном этапе проектирования можно пренебречь.

На наш взгляд, особое внимание заслуживает максимальное аэродинамическое качество, которое напрямую связано с проектными параметрами (K_{max}) вычисляют по формулам

$$K_{max} = 1/2 \cdot \sqrt{A \cdot C_{x_0}} = 1/2 \cdot \sqrt{\pi \cdot e \cdot \lambda / C_{x_0}}, \qquad (1)$$

$$K_{max} = \sqrt{(\pi/4) \cdot (\lambda / S_{ом}) \cdot (e \cdot S_{ом} / C_{x_0})} = \sqrt{(\pi/4) \cdot \lambda_{ом} \cdot (e / C_{f_e})}, \qquad (2)$$

где $\lambda_{ом} = \lambda \cdot S / S_{ом}$ — удлинение по омываемой поверхности самолета, определяет его несущие свойства, т.е. компоновочное и геометрическое совершенство схемы;

e / C_{f_e} — отношение коэффициента Освальда к приведенному лобовому сопротивлению, определяет аэродинамическое совершенство самолета.

На основании статистики, приведенной, средние значения C_{f_e} для различных типов самолетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Значения C_{f_e} для различных типов самолетов

Тип самолета	C_{f_e}
Магистральный пассажирский самолет, дальний и стратегический бомбардировщик	0,003
Военно-транспортный самолет	0,0035
Тактический истребитель	0,004
Самолеты местных воздушньгх линий: - одномоторный - двухмоторный	 0,0045 0,0055

Это те параметры, с которыми конструктор обычно работает на начальном этапе проектирования и использует при анализе и синтезе облика самолета.

Коэффициент Освальда *e* — коэффщиент, который учитывает, насколько ухудшаются несущие свойства самолета в результате нарушения эллиптичности распределения нагрузки по размаху крьша. Максимальное теоретическое значение коэффициента Освальда для монопланных схем равняется едиьщце и в этом случае самолет обладает минимальным индуктивным сопротивлением.

Понятие приведенного лобового сопротивления базируется на том, что у хорошо спроектированного самолета коэффициент вредного сопротивления Cy_0 определяется в основном сопротивлением трения обшивки при относительно малом сопротивлении формы, обусловленным отрывом потока.

Приведенное лобовое сопротивление (ПЛС) самолета вычисляют по формуле

$$C_{f_e} = (C_{x_0} \cdot S) / S_{ом}, \qquad (3)$$

где $S_{ом}$ — площадь омываемой поверхности самолета, м^2.

На начальном этапе проектирования определение параметра *e* очень затруднено. Тем не менее в ряде работ (Егер С.М., Бадягин А.А., Мишин В.Ф., Арепьен А.Н. и т.д.) авторами предпринимались попытки получения аналитической зависимости коэффициента Освальда от геометрических параметров самолета. Однако, существующие формулы не позволяют с достаточной степенью точности однозначно определить коэффициент *e* на этапе предварительного проектирования. В связи, с чем в магистерской ВКР представим некоторые инженерные методики расчета коэффициента Освальда *e*.

Область исследования распространялась только на режимы установившегося движения самолета в пределах линейного изменения коэффициента подъемной силы по углу атаки.

Реальные значения коэффициента Освальда для разлчных самолетов, полученные путем обратного пересчета из аэродинамического качества по формуле (1) представлены в таблице 2.

Таблица 2 —Значения коэффициента Освальда для разлчных самолетов

Самолет	Cx_0	λ	e	K_{max}
Боинг 747	0,0212	6,55	0,75	13,5
Бичкрафт D17S	0,0348	0,84	0,76	10,8
Су-27	0,0185	3,48	0,71	11,6
МиГ-29	0,0225	3,43	0,85	10,1

Из представленных данных следует, что реальные значения параметра e колеблются от 0,6 до 0,85, что приводит к разбросу значений аэродинамического качества до 2 до 2,5 единиц. Такой широкий диапазон изменения значения коэффициента Освальда не позволяет пренебречь этим параметром или принять его равным единице даже на этапе предварительного проектирования самолета.

На величину коэффициента Освальда оказывает влияние:

- геометрия крыла в плане, которая определяется тремя безразмерными параметрами: удлинением λ, уголом стреловидности χ, сужением η;
- наличие площадей, занятых фюзеляжем, мотогондолами и прочими надстройками;
- форма носка крыла, которая в случае правильной профилировки может значительно усилить подсос в зоне передней кромки и снизить индуктивное сопротивление самолета.

Таким образом, разработка инженерного метода расчета коэффициента Освальда для самолетов монопланной схемы с произвольной формой крыла в плане и формой поперечного сечения фюзеляжа, позволяющего проводить первоначальную оценку основных геометрических параметров самолета при существенно меньших затратах времени является актуальной для теории и особенно практики.

Список литературы

1. Арепьев, А.Н. Руководство по проектированию пассажирских самолетов / А.Н. Арепьев. – М.: Москва, 2009. – 293 с.

2. Бадягин, А.А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации / А.А. Бадягин, Е.А. Овруцкий. – М.: Машиностроение, 1964. – 296 с.

3. Егер, С.М. Проектирование самолетов: учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Под ред. С.М. Егера. – 4-е изд. – М.: Логос, 2005. – 648 с. – ISBN 5-98704-022-1.

4. Комаров, В.А. Концептуальное проектирование самолета: учеб. пособие / В.А. Комаров [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Комарова:/ Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2007. – 92 с.: 3 ил.

5. Куприков, М.Ю. Автоматизация проектно-конструкторских работ — фундаментальный фактор обеспечения качества жизненного цикла изделий в машиностроении // Новые информационные технологии. Тезисы докладов X Юбилейной Международной студенческой школы- семинара. – М.: МГИЭМ, 2002, С. 48-53.

6.Торенбик, Э. Проектирование дозвуковых самолетов: пер. с англ. / Э.Торенбик / пер. Е.П.Голубков. – М.: Машиностроение, 1983. – 148 с.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАКЕТО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук,
Кондров Я.В., Семикозов В.С.
Оренбургский государственный университет

Наиболее важные требования, предъявляемые к конструкции современных летательных аппаратов (ЛА) это, минимальная масса, максимальная жесткость и прочность узлов, максимальный ресурс работы конструкций в условиях эксплуатации, высокая надежность. В значительной мере перечисленные требования к конструкции обеспечиваются выборами материала и совершенствованием технологии изготовления конструкции из данного материала.

В настоящее время главным классом материалов, удовлетворяющих всему комплексу перечисленных требований, являются композиционные материалы (КМ) – композиты, на основе современных углеродных, борных, органических и стеклянных волокон в сочетании с полимерными, металлическими, углеродными, керамическими и другими видами матриц (связующих). Наиболее перспективными являются КМ с компонентами алифатических или циклоалифатических моно- ди- или полиокисных соединений, именуемых в промышленности «циклоалифатическими эпоксидными смолами» (ЦАЭС) или «алифатическими» (АЭС). Основными преимуществами ЦАЭС по сравнению с другими эпоксидными смолами являются их высокая удельная функциональность – содержание эпоксидных групп в них достигает 55 %, что позволяет получать на их основе ненаполненные полимеры с когезионной прочностью, недосягаемой ни для каких-либо известных органических полимеров. В частности прочность при сжатии, отвержденных ненаполненных литых образцов ЦАЭС достигает 400 МПа, а прочность при растяжении 150 МПа при относительном удлинении от 7 до 8 % и высокой деформационной теплостойкости (по Мартенсу) до 300°С.

Иногда композитом называют материал с неоднородными физическими свойствами (гетерогенный материал). С нашей точки зрения, данное определение означает, что композит это все материалы, так как однородных материалов в природе не существует.

Несмотря на то, что композиты очень древний материал, наука о них в том виде, в каком она существует, появилась в связи с применением композитов в ракетной техники. Объем производства композитов в промышленно развитых странах увеличивается с каждым годом. Создание новых материалов играет ключевую роль в авиационных, космических и ракетных системах будущего для уменьшения массы и стоимости конструкции. Наприме в США разработана программа развития аэрокосмической техники для ЛА с заатмосферными полетами, способных взлетать и приземляться на

обычных взлетных полосах. Развитие заатмосферной авиации обусловлено решением следующих задач:

- экономия топлива за счет снижения массы ЛА;
- защита корпуса ЛА от высоких температур и т.д.

Решение этих задач возможно ттолько с появлением новых КМ и технологии их переработки. В Российской Федерации данные вопросы нашли отражение в государственной программе «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы».

При проектировании и изготовлении конструкций из КМ совершенство определяется выбором оптимальных параметров технологического процесса, техническим уровнем используемого оборудования и оснастки, наличием надежных методов контроля композиционных конструкций и полуфабрикатов для их производства.

При формулировке и решении задач оптимального проектирования используются два основных подхода:

- континуальный – основан на непрерывном пространственном описании конструкции, при этом переменные проектирования являются функциями пространственных координат. В качестве оптимизируемых критериев выступают функционалы, зависящие от этих функций;
- дискретный, применяется при оптимизации структурных параметров композитных конструкций, при котором переменные проектирования выражаются конечным набором параметров, а критерии качества выступают в виде функций от этих переменных. Решение задач оптимизации в такой постановке осуществляется с помощью методов математического программирования (МП).

В процессе оптимального проектирования используются методы оптимизации систем с распределенными параметрами и методы вариационного исчисления. Континуальный подход используется в задачах оптимизации формы.

Под задачей оптимизации проектирования будем понимать последовательное решение, т.е.:

а) необходимо выявить, что является объектом оптимизации;

б) что и как можно изменить в оптимизируемом объекте;

в) какова цель оптимизации и критерии качества оптимизируемого объекта.

Объект оптимизациивыделяется из более общей системы, подсистемой которой он является. Данные решения не возможны без применения систем автоматизированного проектирования (САПР), т.е. организационно-технической системы, состоящей из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимодействующего с подразделениями проектной организации, и выполняющая автоматизированное проектирование.Под автоматизацией проектирования понимается такой способ проектирования, при котором все проектные операции и процедуры или их часть осуществляется взаимодействием человека и ЭВМ. Предметом автоматизации проектирования

является формализация проектных процедур, структурирование и типизация процессов проектирования, постановки, модели, методы и алгоритмы решения проектных задач, а также способ построения технических средств, языков, программ, банков данных и вопросов их объединения в единую проектную систему. Цель автоматизации проектирования – повышение качества, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования и ликвидация тенденции к увеличению числа инженерно-технических работников, занятых проектированием, повышения производительности их труда. С помощью САПР после выделения объекта следует составить его математическую модель или расчетную схему. Она подразумевает упрощение объекта, отбрасывание всех несущественных деталей и выделение параметров, определяющих свойства объекта. В качестве основного элемента информационного обеспечения являлся автоматизированный банк данных, обеспечивающий централизованное накопление, обоснование, поддержание в рабочем состоянии и выдачу по различным запросам пользователей данных для последующей обработки.

Устанавливается также круг возможных конструктивных схем проектируемого объекта. Так, например, отсек ракеты можно выполнить в виде трехслойной оболочки, подкрепленной стрингерно-шпангоутной конструкции, мотаной сетчатой («изогридной») оболочки и т.д. Какие из этих схем допустимы для данного объекта – необходимо заранее установить на первом этапе формулировки задачи оптимизации. Таким же образом анализируется и круг возможных материалов.

Последним шагом является выбор исходного варианта конструкции. При использовании большинства численных методов оптимизации результат поиска может зависеть от выбора исходного варианта: начальные условия поиска предопределяют траекторию до того или иного локального оптимума (если не удается сразу найти оптимум глобальный). Во многих случаях поиск подходящего исходного варианта представляет собой отдельную вспомогательную задачу оптимизации, которую приходится ставить и решать до решения основной задачи.

Последовательные решения основаны на системном подходе, имеющие универсальный характер применения и в других отраслях техники:

- декомпозиция общей задачи на совокупность локальных задач, упорядоченных многоуровневой параллельно-последовательной логической схемой;
- прогнозирование исходных данных и ограничений в общей задаче и обмен проектными решениями между функциональными элементами системы;
- организация итерационных циклов, которые определяют сходимость решающих процедур;
- построение многоуровневого критерия оценки проектных решений.

В результате проведенного литературного анализа необходим новый подход к оптимизационному проектированию изделий из КМ ракетно-космической техники. На наш взгляд он должен базироваться на объективной

оценки взаимосвязи потенциально допустимых значений их характеристик и возможных компромисных сочетаний требований к их различным свойствам.

Список литературы

1. Аэрокосмическое обозрение: аналитика, комментарии, обзоры / ООО «Издательская группа «Бедретдинов и Ко». – М.: Издательская группа «Бедретдинов и Ко», 2008. – №5. – С.54 – 57. – ISSN 1726-8516.

2. Лапицкая, Т.В. Инновационные эпоксидные системы для конструкционных композитов и покрытий в авиастроении / Т.В. Лапицкая, В.А. Лапицкий, М.Д. Кученёва // Композитный мир. Авиация и космос. - 2011. - № 1. - С. 6-10.

3. Проблемы создания перспективной авиационно-космической техники. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 648 с.5. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. А.Г. Братухина. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. - 608 с.

4. Федеральная целевая программа «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы». – СПС «Консультант +».

СВЯЗЬ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Хорьяков М.С., Горбунов А.А., канд. техн. наук, Кондров Я.В.
Оренбургский государственный университет

Современное машиностроение характеризуется повышением требований к качеству изделий, увеличением их сложности при одновременном требовании сокращения цикла производства и снижения себестоимости продукции. Для обеспечения высокой точности сборки таких изделий требуется сборочная оснастка, что приводит к увеличению трудоёмкости и длительности цикла технологической подготовки производства.

Областью технологии машиностроения как науки о сущности процессов производства является технология самолёто- и ракетостроения. Конструкция планера ЛА отличается большим количеством маложёстких деталей и сравнительно высокими требованиями к точности сборки при значительных габаритах изделия. При этом очень важной проблемой является повышение качества сборочной оснастки при снижении трудоёмкости её проектирования.

Основными особенностями ЛА как объекта производства является:

- сложные формы, которые не могут быть заданы обычной простановкой размеров;
- большие размеры агрегатов и многих деталей;
- многодетальность конструкции;
- сравнительно малая жесткость отдельных деталей, узлов и подсборок;
- высокий уровень требуемой точности поверхности агрегатов и отдельных элементов конструкций;
- малая серийность и очень большое количество изменений и модификаций.

Эти особенности существующих конструкций ЛА и их производства привели к тому, что все виды сборочных и монтажных работ занимают в общем объеме затрат труда в серийном производстве около 50 % и сравнительно мало (по сравнению с механической обработкой) механизированы и автоматизированы.

Заранее увязать формы и размеры изделия можно только в том случае, если они тем или иным методом могут быть заданы. До последнего времени использовани три метода задания и увязки форм и размеров:

- с помощью размеров, увязываемых в процессе конструирования. В этом случае задаются и увязываются в процессе конструирования простейшие формы, состоящие из плоскостей, цилиндрических и конических поверхностей;
- с помощью взаимоувязываемых в процессе подготовки эталонов (шаблонов, макетов и т.д.). Размеры и формы поверхностей определяются рядом сечений, каждое из которых задается через определенные интервалы

ординатами образующих их точек либо непосредственно, либо с помощью математических функций, имеющих параметры этих точек;

- с помощью эталона, увязываемых на самом изделии в процессе производства первых изделий (эталоны трубопроводов, жгутов электропроводки и т.д.). Используется когда точность изготовления элементов конструкции и их монтажа сравнительно невелики, элементы маложестки, собираются в пределах упругих и иногда пластических деформаций, и задание их формы первыми двумя методами нецелесообразно или невозможно.

Одноко, внедрение в авиационной и ракетно-космической промышленности систем геометрического моделирования позволило модифицировать вышеперечисленные методы и автоматизировать ряд трудоемких процедур:

- геометрическая модель поверхности (ГМП) стала использоваться для построения контуров сечений при разбивке плазов и разработки программ изготовления обводообразующей оснастки на оборудовании с ЧПУ;
- для увязки и отрисовки конструктивных элементов по отдельным сечениям стали использоваться возможности 2D-моделирования и средства чертежных пакетов;
- для разработки управляющих программ при изготовлении деталей на оборудовании с ЧПУ стали разрабатываться поверхностные геометрические модели.

Появление тяжелых CAD/CAM-систем, позволяющих моделировать не только детали, но и сборочные единицы, создает предпосылки для перехода на бесплазовое производство. В основе метода бесплазовой увязки лежит возможность создания электронного макета (ЭМ) изделия, при этом процедуры увязки деталей по отдельным сечениям на плазах заменяются процедурами пространственной увязки на электронных макетах. Эта прогрессивная на первый взгляд методология, несмотря на многолетний опыт освоения тяжелых CAD/CAM-систем, не находит промышленного внедрения в силу ряда обстоятельств, характерных для большинства предприятий. Во-первых, разработка чертежей при выпуске конструкторской документации (КД) осуществляется по традиционной бумажной технологии. Методология 3D-конструирования осваивается с большим трудом в силу как объективных, так и субъективных причин. Использование чертежных пакетов для оформления и представления чертежей в электронном виде никак не затрагивает процессов геометрической увязки. Во-вторых, созданные на основе неувязанных чертежей электронные макеты содержат много ошибок и не могут служить источником информации для решения задач подготовки производства. Разработка ЭМ осуществляется, как правило, не конструкторами, а системщиками, освоившими определенную CAD-систему, но не участвующими в реальном конструировании. В-третьих, изменения, вносимые в КД в результате плазовых провязок и отработки технологичности, могут быть внесены в электронные макеты, однако следует подчеркнуть, что ЭМ при таком подходе остается

средством, дублирующим хранение (эталонирование) геометрической информации, а не средством пространственной увязки.

Идеальный процесс сборки состоит из правильной взаимной установки собираемых элементов и их соединения между собой в конструкцию, без подгонки и доработки деталей в процессе сборки. Если любой экземпляр из изготовленных элементов может быть собран с другими в процессе такой идеальной сборки и функционирование конструкции будет обеспечено в пределах технических условий, то партия таких деталей будет обладать свойством взаимозаменяемости, а ссама сборка будет называться сборкой на базе полной взаимозаменяемости.

Полная взаимозаменяемость обеспечивается соответствующей конструкцией, методами увязки форм и размеров и высоким уровнем точности производства. Значение полной взаимозаменяемости велико как в сфере производства, так и в сфере эксплуатации. Полная взаимозаменяемость позволяет заменить в эксплуатации при необходимости одни элементы другими без применения обработки соединяемых поверхностей и с сохранением свойств конструкции в пределах технических условий. Полная взаимозаменяемость существенно сокращает расходы в эксплуатации и позволяет увеличить полный (технический) ресурс и надежность конструкции. Она может существенно обеспечить улучшение (модернизацию) конструкции, если модернизированные элементы конструкции будут взаимозаменяемые с элементами старой конструкции. Таким образом, взаимозаменяемость может быть обеспечена и между элементами изменяющейся конструкции. В этом случае можно улучшить качество конструкций ЛА, находящихся в эксплуатации, без сложных работ по замене, что чрезвычайно важно в ракетостроении.

Для правильного понимания процесса сборки и изготовления деталей необходимо четко представить себе, что в сборочный процесс можно перенести некоторую часть процесса изготовления деталей, т.е. доработать детали в процессе сборки, например, после того, как они взаимно установлены, сверлить в них отверстия, производить запиловку их поверхности и т.д. В то же время часто бывает необходимость оставить в процессе изготовления припуски н деталях, чтобы за счет их обработки в процессе сборки правильно установить их друг относительно друга.

В общем случае сборочный процесс состоит из четырех состовляющих:

а) подгонка элементов для обеспечения правильной их взаимной установки;

б) взаимная установка (координация) собираемых элементов;

в) соединение элементов конструкции;

г) доработка деталей в процессе сборки.

Трудоемкость всего сборочного процесса ($T_{сб}$, ч.) вычисляют по формуле

$$T_{сб} = T_{п} + T_{к} + T_{с} + T_{д}, \qquad (1)$$

где $T_{п}$ — трудоемкость подгонки, ч.;

$T_{к}$ — трудоемкость взаимной координации, ч.;

T_c — трудоемкость соединения, ч.;

$T_д$ — трудоемкость доработки, ч.

Для определения качества технологического процесса сборки используют понятие коэффициента взаимозаменяемости, представляющего собой отношение трудоемкости сборки при полной взаимозаменяемости к фактической трудоемкости сборки.

При полной взаимозаменяемости сборка состоит только из взаимной установки элементов с трудоемкостью $T_к$ и соединения элементов T_c, а фактическая трудоемкость технологического процесса сборки включает в себя подгонку или доработку или то и другое. В результате трудоемкость сборочного процесса на базе полной взаимозаменяемости ($T_{вз}$, ч.) вычисляют по формуле

$$T_{вз} = T_к + T_c. \qquad (2)$$

Коэффициент взаимозаменяемости ($K_{вз}$) вычисляют по формуле

$$K_{вз} = T_{вз} / T_{сб}. \qquad (3)$$

Из формулы (3) следует, что $K_{вз} \le 1$ и только в случае отсутствия подгонки и доработки, т.е. при полной взаимозаменяемости, $K_{вз} = 1$.Коэффициент взаимозаменяемости можно определить из подробного технологического процесса с достаточно деталированными нормами времени, однако, поскольку затраты на подгонку существенно зависят от качества изготовления собираемых элементов, то более надежно определить его методом контрольных сборок.

Метод контрольных сборок является одним из самых действенных средств для анализа состояния взаимозаменяемости и для разработки мероприятий по ее увеличению. Однако практически этот метод применяется чрезвычайно редко из-за направильно понимаемых соображений экономики (необходимо некоторое количество изделий собрать дважды).

В производстве ракетной техники часто бывает необходимость обеспечить возможность сборки деталей без подгонки и доработки даже при наличии неразъемных видов соединений, например клепки, сварки, склейки. В этом случае возможность замены в эксплуатации исключается, но все преимущества взаимозаменяемого производства остаются.

Из выше сказанного следует, что в отличии от всех процессов изготовления деталей сборочные процессы имеют достаточно четкое предельное (по качеству) состояние в виде полной взаимозаменяемости, поэтому возможна оценка их качества по отношению к предельному, что дает технологам и организаторам-экономистам мощное средство по управлению качеством сборочного производства и производства в целом.

Список литературы

1. Абибов, А.Л. Технология самолетостроения: учебник для авиац. спец. вузов / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др.; под ред. А.Л. Абибова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. - 551 с.

2. Ахатов, Р.Х. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства: учеб. пособие / Р.Х. Ахатов. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. - 104 с.

3. Бойцов, В.В. Сборка агрегатов самолета: учеб. пособие для вузов по спец. «Самолетостроение» / В.В. Бойцов, Ш.Ф. Ганиханов, В.Н. Крысин. - М.: Машиностроение, 1988. - 148 с.

4. Злыгарев, В.И.Бесплазовое производство авиационной техники: проблемы и перспективы // САПР и Графика. – М.: Издательский дом КомпьютерПресс, 2000. - № 9.

5. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. А.Г. Братухина. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. - 608 с.

6. Сагдиев, Т.А. О компьютерном моделировании узловой сборки при подготовке производства самолётов / Т.А. Сагдиев // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2008. - № 2. - С. 51-54.

ВЛИЯНИЕ КРУТКИ ЛОПАСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

Проскурин В. Д., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Лопасти несущих винтов вертолетов имеют отрицательную крутку, при которой углы установки профилей поперечных сечений уменьшаются по длине лопасти от комлевой части к свободному концу. Наличие крутки существенно усложняет геометрию аэродинамических поверхностей лопасти и приводит к необходимости применения специальных технологических методов ее обеспечения. Для упрощения конструкции лопасти и повышения ее технологичности обычно задают крутку, которая представляется линейной зависимостью угла установки профиля поперечного сечения φ от относительного радиуса r. В качестве примера на рисунке 1 представлена крутка лопасти несущего винта вертолета Ка-32. Углы крутки отсчитываются от положения профиля в расчетном сечении лопасти, расположенном на относительном радиусе 0,7 (сечение № 7 на рисунке 1). Угол установки профиля линейно уменьшается от 3°20' в комлевом сечении до минус 2°30' на конце лопасти.

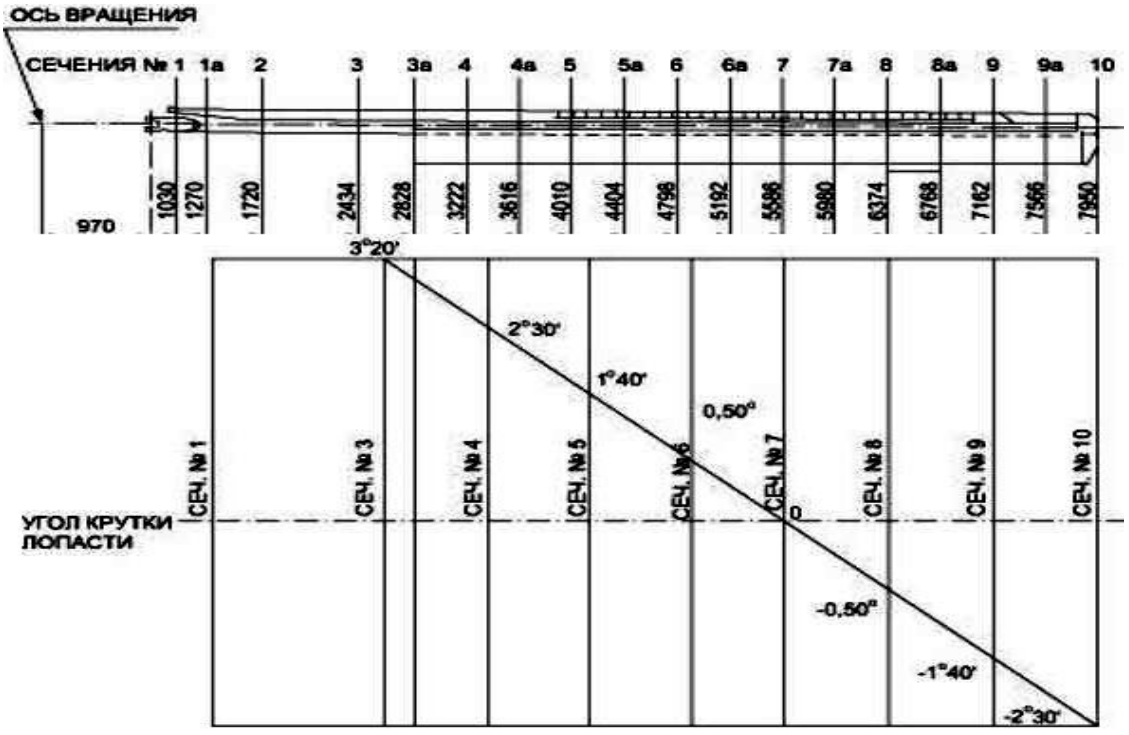


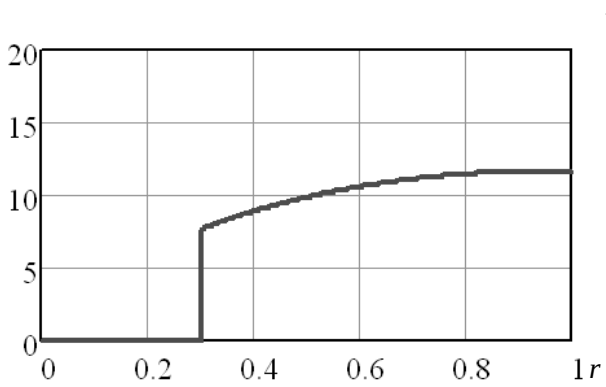
Рисунок 1 – Крутка лопасти несущего винта вертолета Ка-32

Шаг винта, изменяемый путем поворота лопасти в осевом шарнире вокруг ее продольной оси, отсчитывается по углу установки профиля в расчетном сечении на относительном радиусе 0,7.

Крутка лопасти и шаг винта существенно влияют на характер распределения индуктивной скорости потока воздуха в плоскости вращения несущего винта. Расчет распределения индуктивной скорости выполняется при вычислении аэродинамических коэффициентов несущего винта с использованием компьютерной программы [1]. В программе крутка лопасти задается в виде непрерывной функции *φ(r)*. Например, крутка, изображенная на рисунке 1, представляется линейной функцией

$$\varphi(r) = 5{,}833 - 8{,}333 \cdot r\,. \qquad (1)$$

Распределение индуктивной скорости по длине лопасти с линейной круткой при шаге винта 8° представлено на рисунке 2.



v – индуктивная скорость, *r* – относительный радиус.

Рисунок 2 – Распределение индуктивной скорости по длине лопасти с линейной круткой

При проектировочном расчете крутки лопастей рассматриваются два предельных случая. В первом случае в качестве исходного условия принимается получение постоянной величины коэффициента подъемной силы по длине лопасти, во втором – получение равномерного распределения индуктивной скорости в плоскости несущего винта. По результатам расчетов принимаются средние значения углов крутки *φ(r)*.

Расчет крутки лопастей несущего винта вертолета Ка-32 с помощью разработанной компьютерной программы [2] дает результаты, представленные на рисунке 3.

φ, градус

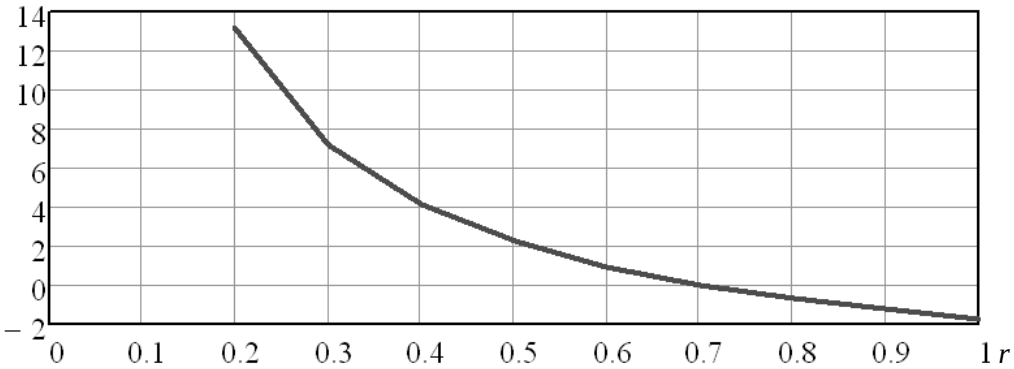


Рисунок 3 – Крутка лопасти по результатам расчета

Зависимость углов установки профилей сечений лопасти φ от относительного радиусаr в этом случае может быть задана нелинейной функцией в форме интерполяционного полинома. Для этого в программе [1], разработанной в системе Mathcad, используются функции regress и interp. Фрагмент программы для задания крутки лопасти $\varphi(r)$ имеет вид:

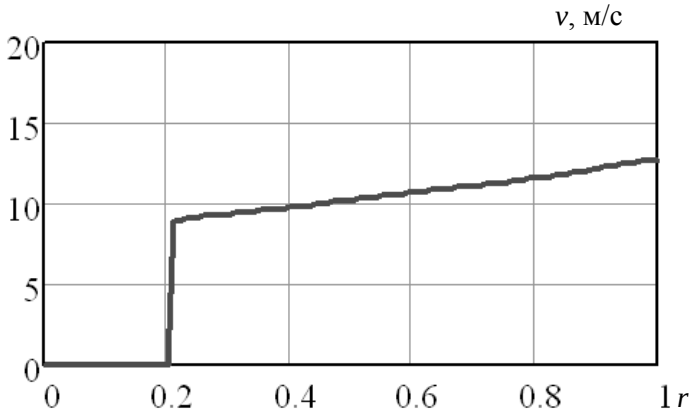
$$\varphi\text{reg} := \text{regress}(r1, \varphi\text{tab}, 5)$$
$$\varphi(r) := \text{interp}(\varphi\text{reg}, r1, \varphi\text{tab}, r) \quad , \qquad (2)$$

где r1 – матрица-столбец дискретных расчетных значений относительных радиусов;

φtab – матрица-столбец соответствующих значений углов крутки.

Расчет аэродинамических характеристик несущего винта, имеющего лопасти с нелинейной круткой, представленной на рисунке 3, дает следующие результаты.

Распределение индуктивной скорости в плоскости несущего винта становится более равномерным (рисунок 4). Уменьшение разности скоростей в соседних струйках снижает интенсивность вихреобразования и соответствующие энергетические потери.

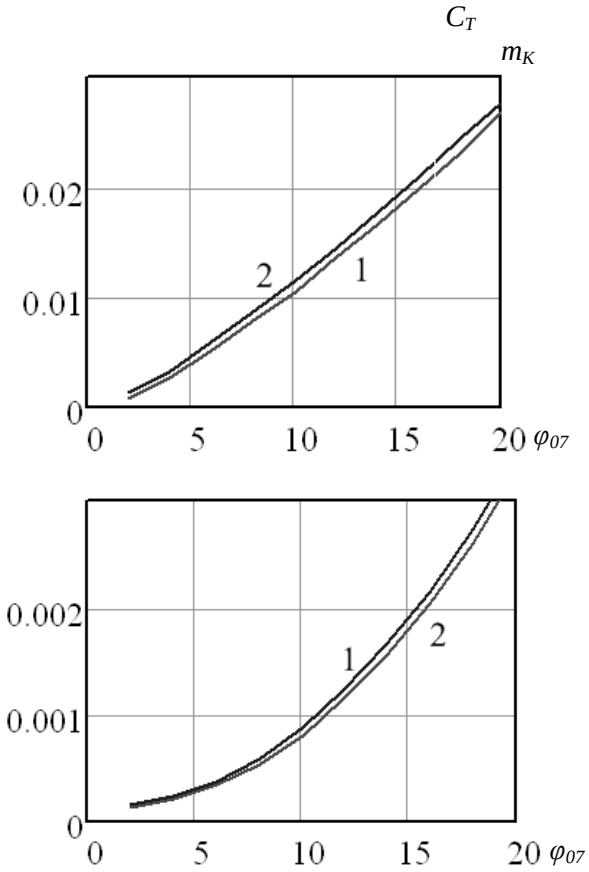


v – индуктивная скорость, r – относительный радиус.

Рисунок 4 – Распределение индуктивной скорости по длине лопасти с нелинейной круткой

Нелинейная крутка лопастей несколько повышает коэффициент силы тяги C_T несущего винта и снижает коэффициент крутящего момента m_K(рисунок 5). Благодаря этому повышается относительный КПД несущего винта (рисунок 6), что в конечном итоге приводит к снижению потребной мощности, уменьшению расхода топлива и соответствующих эксплуатационных затрат.

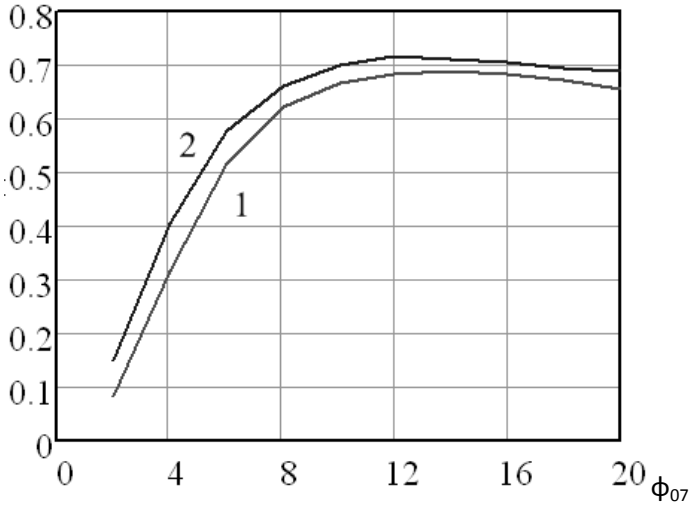
Следует заметить, что при применении современных технологий производства с использованием твердотельного моделирования и систем числового программного управления усложнение геометрии лопастей не окажет существенного влияния на повышение стоимости их изготовления.



1 – лопасти с линейной круткой; 2 – лопасти с нелинейной круткой

Рисунок 5 – Зависимость коэффициента силы тяги C_T и коэффициента крутящего момента m_K от шага винта φ_{07}

η_0



1 – лопасти с линейной круткой; 2 – лопасти с нелинейной круткой; φ_{07} – шаг винта

Рисунок 6 – Относительный КПД η_0несущих винтов с различной круткой лопастей

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014660175 Программа для расчета аэродинамических коэффициентов и относительного КПД несущего винта / Проскурин В. Д. ; правообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – № 2014617924 заявл. 08.08.14 ; опубл. 02.10.14 в Реестре программ для ЭВМ.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014660307 Программа для аэродинамического расчета лопасти несущего винта вертолета / Проскурин В. Д. ; правообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – № 2014617892 заявл. 07.08.14 ; опубл. 06.10.14 в Реестре программ для ЭВМ.

О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПРОГРАММНЫМ ПРОДУКТАМ ДЛЯ УЧАСТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ

Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент, Баймухаметов Р.И., Михайлова В.А., Шапкин Р.О.
Оренбургский государственный университет

В данной работе рассматриваются требования, цели, предполагаемые результаты разрабатываемой автоматизированной информационной системы для предприятия, использующего газоаналитическое оборудование и ведущее ручной документооборот.

Частный случай программного обеспечения – это информационные системы. Именно на них сейчас опираются предприятия, которые являются лидерами Российской экономики. В Оренбургской области ПАО «Газпром» является ярким примером организации, использующей самые передовые технологии в области информатизации.

Большие предприятия используют информационные системы в своей деятельности, однако не все их подразделения и службы обеспечены подобными системами. Зачастую работники и специалисты заполняют все журналы и отчеты вручную, что влечет к нерациональному использованию рабочего времени, и от этого в некоторой степени зависит прибыль компании.

Фактически, в настоящее время нет стандартов для информационных систем, поэтому решения каждого предприятия носят чисто субъективный характер, и промышленные информационные системы могут очень сильно отличаться по составу основных подсистем, функций, архитектуре, методам и математическим моделям управления бизнес-процессами. Каждое предприятие имеет свой порядок информирования руководящего состава, поэтому все подразделения и службы фирмы должны быть максимально автоматизированы. Это необходимо для принятия руководством эффективных управленческих решений (стратегических и оперативных).

В настоящий момент не существует ограничений при разработке информационных систем на неавтоматизированных участках предприятия. Можно создать любую информационную систему со своими функциями и архитектурой при наличии соответствующих программных средств. Гораздо сложнее обеспечить взаимосвязь между подразделениями при помощи таких систем.

В состав ООО «Газпром добыча Оренбург» входит небольшая структура – участок технического обеспечения средств контроля (УТОСК), обеспечивающая непрерывную круглосуточную работу газоаналитического оборудования в зоне его ответственности. В настоящее время возникает острая необходимость в создании автоматизированной информационной системы для работы участка.

Разрабатываемая автоматизированная информационная система должны удовлетворять ряду требований:

- удобство интерфейса (информационная система должна быть удобнее в использовании, чем ранее используемые решения);
- автоматизированный процесс создания отчетности (создание программой отчетов и журналов по учету средств измерения, что позволит планировать метрологическую деятельность на новом уровне);
- хранение, отображение, обработка, удаление, редактирование информации, хранящийся в базе данных, связанной непосредственно с газоанализаторами (позволяет вести учет и планирование метрологической деятельности, а также учет технического обслуживания и ремонта);
- открытая архитектура приложения (позволяет, как разработчикам, так и подрядным организациям осуществлять улучшения готовой автоматизированной информационной системы);
- разграничение полномочий (Пользователи программного средства должны иметь разный уровень доступа к программе. Это необходимо для защиты информации и чтобы операторы, имеющие низкий уровень доступа, пользовались только необходимым инструментарием и функциональностью программы, не опасаясь сделать чего-то лишнего, что может приостановить ход производственного процесса).

Пользователями программного средства являются рабочие и специалисты УТОСК. Должности сотрудников, которые будут использовать информационную автоматизированную систему:

- прибористы (4-й, 5-й разряды);
- слесари по КИПиА (4-й, 5-й разряды);
- электромонтер (1 категории);
- инженер-электроник (1 категории);
- начальник УТОСК.

Выбор платформы и языка программирования во многом обуславливает сложность разработки, поэтому необходимо выбрать наиболее эффективные инструменты для реализации. Сравним некоторые доступные языки программирования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение языков программирования

Сравниваемый параметр	**C#**	**C++**	**Delphi 7**
Современность	+	+	-
Легкость в освоение	+	-	+
Наличие материалов по языку	+	+	-

Исходя из выше приведенных данных, по всем параметрам больше всего подходит язык C# на платформе .NETFramework.

В качестве среды разработки выбран VisualStudio от Microsoft. В качестве языка программирования выбран C#, синтаксис которого наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм,

перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML.

C# опирается на практику использования языков C++ и Java, но в то же время исключает некоторые модели, зарекомендовавшие себя как проблематичные при разработке программных систем. Например, C# в отличие от C++ не поддерживает множественное наследование классов (между тем допускается множественное наследование интерфейсов).

В качестве базы данных решено использовать MicrosoftSQLServer, так как продукты, находящиеся в собственности одной Microsoft, обладают наибольшей синергией с продуктами этой же корпорации.

После внедрения разрабатываемой информационной системы удастся добиться следующих результатов:

– повысить эффективность и качество управленческих решений, принимаемых руководством;

– улучшить ведение хозяйственной деятельности и возможности оперативного анализа, базирующегося на единой электронной документации;

– увеличить рост рентабельности производственной деятельности, тем самым повысив прибыль, конкурентоспособность;

– сократить количество устаревших прикладных систем и задач;

– уменьшить временные затраты работников и специалистов, затрачиваемые ранее на выполнение рутинных задач с ручным введением журналов, отчетов;

– поддержание данных в достоверном состоянии;

– уменьшение количества ошибок при проведении выборки необходимых сведений и подготовке данных к различным отчетам;

Список литературы

1. Ковязин, А. Архитектура, администрирование и разработка приложений баз данных в InterBase/Firebird/Yaffil [Текст]: /А. Ковязин, С. Востриков - М.: КУ-ДИЦ-ОБРАЗ, 2003. - 496 с.

2. Гофман, В.Э. Visual Studio.NET. [Текст] / Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. СПб.: БХВ - Петербург, 2007. - 1152с.

3. Советов Б.Я., Базы данных: теория и практика: Учебник для вузов - М.: Высшая школа, 2007. - 463 с.: ил.

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ГОРОДСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проскурин Д.А. канд. техн. наук, Буренин Д.В.
Оренбургский государственный университет

Для обеспечения заданного режима работы насосной станции при изменении условий работы требуется производить регулирование режимов работы насосных установок. Большое количество электрического и технологического оборудования предъявляет высокие требования к управлению системами водоснабжения. Удаленность водозаборных скважин от резервуаров и насосных станций второго подъема не позволяет производить управление и получать данные без применения телеметрии. В настоящее время для решения подобных задач используются автоматические комплексы водозаборных сооружений. Неотъемлемой частью систем регулирования составляют датчики давления подаваемой среды. В ООО «Орск Водоканал» приборы автоматизации с использованием преобразователей (датчиков) давления эксплуатируются с 2003 года. Количество объектов, на которых установлены устройства с преобразователями давления, выросло от трех в 2003 году до пятидесяти семи в 2018г. За эти годы в организации накопился опыт эксплуатации преобразователей давления трёх марок: Овен ПД100, ДДМ-03Т-1000ДИ, Danfoss MBS 1700.

Таблица 1 – Применяемые преобразователи давления

Параметр	**Овен ПД100**	**ДДМ-03Т-1000ДИ**	**Danfoss MBS 1700**
Выходной сигнал постоянного тока, мА	от 4 до 20	от 4 до 20	от 4 до 20
Напряжение питания датчика, постоянный ток, В	от 12 до 36	от 18 до 30	от 9 до 32
Средний срок службы, лет, не более	8	20	10
Наработка на отказ ч, не менее	100000	80000	120000
Температура окружающей среды, ℃	от - 40 до + 80	от - 40 до + 85	от - 40 до + 85
Предел допустимой погрешности, %	±1	±0.5	≤0.5

Значения пределов погрешности для предприятий ЖКХ, в отличие от машиностроения не являются критическими.

За время эксплуатации оборудования было установлено и поменяно в общем случае сорок шесть преобразователей давления. Датчики приобретались по мере выхода из строя или по причине установки нового оборудования.

Исходя из многолетнего опыта эксплуатации, можно составить таблицу характерных неисправностей датчиков давления.

Таблица 2 – Неисправности датчиков давления

Тип неисправности	**Количество неисправностей**	**Примечание**
Порыв мембраны	26	При гидроударах, после аварийной остановки все датчики - ДДМ-03Т-1000ДИ
Сбой электроники	15	В процессе эксплуатации, при авариях в системе электроснабжения 7 – датчики Овен ПД100,6 – датчики ДДМ-03Т-1000ДИ, 2 - Danfoss MBS 1700
Затопление	5	При затоплении прискважного помещения 4 датчика - Овен ПД100, 2 - датчики ДДМ-03Т-1000ДИ

Преобразователь ДДМ-03Т-1000ДИ (рисунок 1) имеет керамическую мембрану, преобразователи Овен ПД100 (рисунок 2) и Danfoss MBS 1700 (Рисунок 3) – мембрану из нержавеющей медицинской стали.

Рисунок 1 – Преобразователь давления ДДМ-03Т-1000ДИ

Рисунок 2 – Преобразователь давления Овен ПД 100

Рисунок 3 – Преобразователь давления Danfoss MBS 1700

Применение датчиков ДДМ в критических ситуациях не всегда оправданно, так как они имеют меньшее время наработки, а также поломками в случаях гидроударов, разморозки системы (пробивается керамическая мембрана).

По сравнению с преобразователями давления ДДМ-03Т-1000ДИ датчики Овен имеют ряд преимуществ, а именно – наличие мембраны из нержавеющей стали и большее количество часов наработки на отказ. Не последнюю роль играет возможность изменения питающего напряжения от 12 В до 36В, что делает датчик менее чувствительным к броскам напряжения.

Из линейки представленных датчиков выделяется датчик Danfoss MBS 1700. Корпус датчика изготовлен из кислотостойкой нержавеющей стали Точность обеспечивается лазерной калибровкой, встроенной температурной компенсацией и помехозащищенностью в соответствии с нормами электромагнитной совместимости EU EMC. Конструктивно MBS 1700 состоит из стального цилиндрического корпуса, в котором размещены модули электронного устройства. С одного торца корпуса посредством сварки установлен цельнометаллический штуцер с первичным преобразователем, на другом конце корпуса посредством развальцовки установлена герметичная вилка стандарта DIN 43650A. Он имеет наиболее приемлемые параметры, как конструктивные, так и эксплуатационные. Но стоимость данного оборудования довольно высока, так что применение датчика должно быть экономически и технологически обоснованно.

Средний срок службы, указанный производителями (по нашим данным) соответствует только у Danfoss, у остальных преобразователей давления он несколько ниже заявленного.

Таким образом, наиболее удачное сочетание цены и качества имеет преобразователь давления Овен ПД100, что делает его лучшим выбором для предприятий жилищного хозяйства.

Список литературы

1 Датчики давления ДДМ-03, ДДМ-03Т. Руководство по эксплуатации. В407.067.000.000РЭ

2 Преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ. Руководство по эксплуатации.

3 Преобразователи давления общего назначения MBS1700 MBS1750. Техническое описание

ВЛИЯНИЕ РАССЕЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, СБОЕВ ОБОРУДОВАНИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГПС

Радыгин А. Б., Сергеев А. И., д-р техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

При подготовке специалистов в области аэрокосмического машиностроения важной составляющей является применение знаний, полученных при изучении фундаментальных дисциплин на ранних курсах обучения, для освоения профессиональных дисциплин, преподаваемых на старших курсах или в магистратуре. Таковыми являются знания, полученные студентами при изучении разделов теории вероятности и математической статистки дисциплины «Математический анализ». На старших курсах данные разделы применяются для оценки чувствительности производственных систем к вероятностным возмущениям различного характера.

Судя по литературным источникам [1] случайные возмущения, приводящие к рассеянию длительности технологических и сервисных операций, имеют место даже при гарантированной надежности всех элементов системы. Причинами таких возмущений являются колебания: припусков на обработку, твердости обрабатываемого материала и режущего инструмента, нагрева исполнительных механизмов, точности позиционирования исполнительных органов станка, массы перемещаемых заготовок и инструментов, расстояний транспортных операций. Дополнительную стохастику создают вероятностные возмущения, вызванные сбоями и отказами в работе комплектующего оборудования производственной системы.

Современные тенденции развития промышленных предприятий связаны с необходимостью постоянного освоения новой техники, технологии, повышением ее гибкости. Гибкость представляет собой один из самых сложных процессов взаимного приспособления к изменяющимся условиям производства и продукции, связанным с техническим оснащением производства, его технологией и организацией [2]. Описанным условиям соответствуют гибкие производственные системы (ГПС).

Следует отметить, что вероятностные возмущения в работе ГПС, как и для других типов производства, в виде рассеяния длительности технологических и сервисных операций, сбоев и отказов в работе оборудования проявляются лишь в процессе функционирования системы и снижают эффективность ее эксплуатации [3].

Единственным инструментом, позволяющим оценить влияние вероятностных возмущений на работу ГПС на этапе проектирования, является проведение вычислительных экспериментов на компьютерной модели. Рассмотрим серию вычислительных экспериментов, в которых исследуется влияние величины и характера случайных возмущений в совокупности с технологическими, техническими и организационными параметрами на эффектность ГПС.

В процессе вычислительных экспериментов будем рассматривать ГПС как модель типа «черный ящик», которая отражает взаимосвязь интересующих нас входных данных и показателей эффективности. В проведенной серии вычислительных экспериментов рассматривалось влияние на показатели эффективности ГПС величины рассеяния времени выполнения технологических операций и величины сбоев в работе технологического оборудования при различной длительности цикла автоматической работы ГПС. В экспериментах использовались следующие входные данные: 5 станков типа «обрабатывающий центр» с длительностью автоматической смены заготовок в рабочей зоне 60 с, четырехместными пристаночными накопителями паллет, размещенные в одну линию с шагом 5 м; автоматический многоярусный склад-стеллаж компоновкой 80×8 позиций размером 1,0×1,0 м; транспортное средство – кран-штабелер с двухместной платформой с циклом смены паллет 50 с, скоростью перемещения 1,5 м/с, скоростью подъема/опускания платформы 0,2 м/с синхронной отработкой перемещений.

Сменные задания были сформированы, исходя из номинальной длительности цикла $T_{ц}$ их выполнения 480, 600, 720, 840 и 960 минут.

Случайное рассеяние длительности обработки $P_{обр}$ рассматривалось в интервале от 0 до 40 %. При максимальной величине рассеяния длительности обработки дополнительно рассматривались сбои станков в интервале от 10 до 30 %.

Графическая иллюстрация результатов вычислительных экспериментов, представленная на рисунке 1, позволяет сделать ряд заключений.

С увеличением вероятности рассеяния длительности обработки $P_{обр}$ от 0 до 40 % фактическое время выполнения сменного задания увеличилось от 551,4 до 645,0 мин, или на

$$\Delta = \frac{645{,}0 - 551{,}4}{551{,}4} \times 100 = 6{,}97\ \%.$$

При этом средний коэффициент загрузки ГПС $K_{ГПС}^{mod}$ увеличился от 84,7 до 86,7 при $T_{ц}$ = 480 мин, или от 84,4 до 87,4 % при $T_{ц}$ = 960 мин.

Следует отметить, что при учете рассеяния длительности обработки и сбоев станков показатель загрузки ГПС не отражает объективную картину изменения эффективности функционирования системы. Выяснение причин такого поведения системы требует проведения отдельной серии экспериментов.

Средняя производительность ГПС $P_{ГПС}^{mod}$ для $T_{ц}$ = 480 мин с возрастанием $P_{обр}$ от 0 до 40 % уменьшается с 43,3 до 37,1 шт./мин, или на

$$\Delta = \frac{43{,}3 - 37{,}1}{37{,}1} \times 100 = 16{,}7\ \%.$$

Средний срок окупаемости системы C_o для $T_{ц}$ = 480 мин с возрастанием $P_{обр}$ от 0 до 40 % увеличивается со 139,2 до 158,8 %, или на

$$\Delta = \frac{158{,}8 - 139{,}2}{139{,}2} \times 100 = 14{,}1\ \%.$$

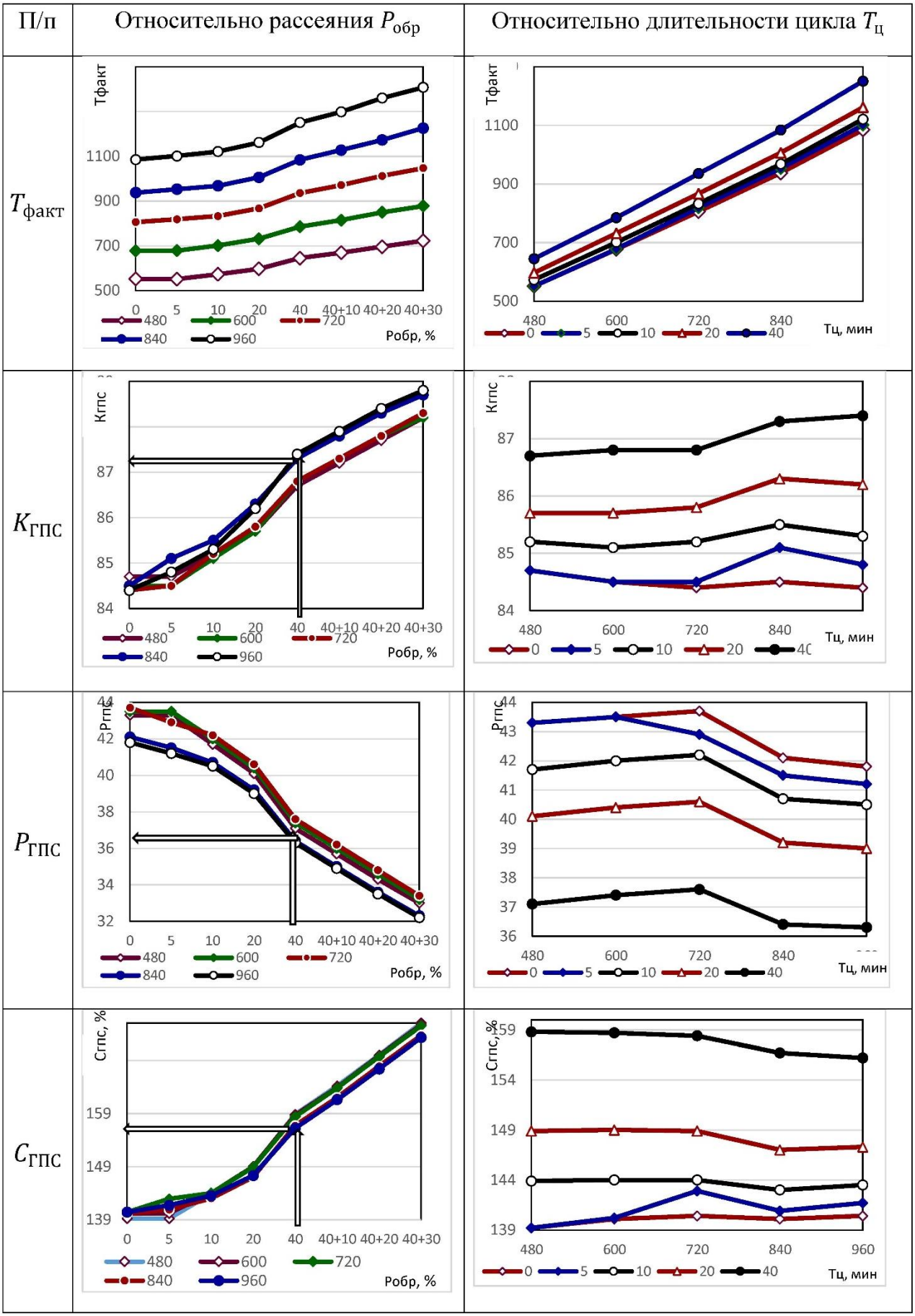


Рисунок 1 – Закономерности влияния рассеяния обработки и сбоев оборудования на показатели эффективности ГПС

Средний срок окупаемости системы C_o для $T_{ц}$ = 480 мин с возрастанием $P_{обр}$ от 0 до 40 % увеличивается со 139,2 до 158,8 %, или на

$$\Delta = \frac{158,8 - 139,2}{139,2} \times 100 = 14,1\ \%.$$

Таким образом, рассеяние длительности обработки в пределах 40 % приводит к потере эффективности функционирования ГПС в среднем на 14 – 17 %.

Список литературы

1 Радыгин, А. Б. Метод нормирования надежности оборудования при проектировании гибких производственных систем / А. Б. Радыгин, А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. - Современные наукоемкие технологии. - 2018. - №10. – С. 103-108.

2 Фролов, М. А. Формирование управленческого решения для ликвидации занятости оборудования в «узком месте» / Фролов, М. А. - Математическое и компьютерное моделирование процессов в машиностроении. - 2018. - №2. – С. 17-20.

3 Радыгин, А. Б. Компьютерное моделирование работы гибких производственных систем с учетом вероятностных возмущений / А. Б. Радыгин, А. И. Сергеев, А. И. Сердюк. - СТИН. - 2018. - №8. – С. 8-13.

СНИЖЕНИЕ ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНЦОВОК КРЫЛА

Рафиков Д.М., Луцев А.С.
Оренбургский государственный университет

Одним из главных компонентов лобового сопротивления является индуктивное. Классический способ уменьшить сопротивление, вызванное подъемной силой на крыле конечного размаха, состоит в увеличении соотношения сторон крыла. Тем не менее, соотношение сторон крыла является компромиссом между аэродинамическими и структурными характеристиками, и ясно, что для данной технологии нет большой возможности увеличить пропорции. Альтернативой является разработка законцовок крыла, действующих на вихрь, который является источником сопротивления, вызванного подъемной силой.

Фундаментальные исследования показали, что уменьшение индуктивного сопротивления может быть достигнуто с помощью изменения геометрии хорды вдоль размаха крыла и конфигурациями с разворотом по корме. На рисунке 1 представлены разные крылатые устройства.

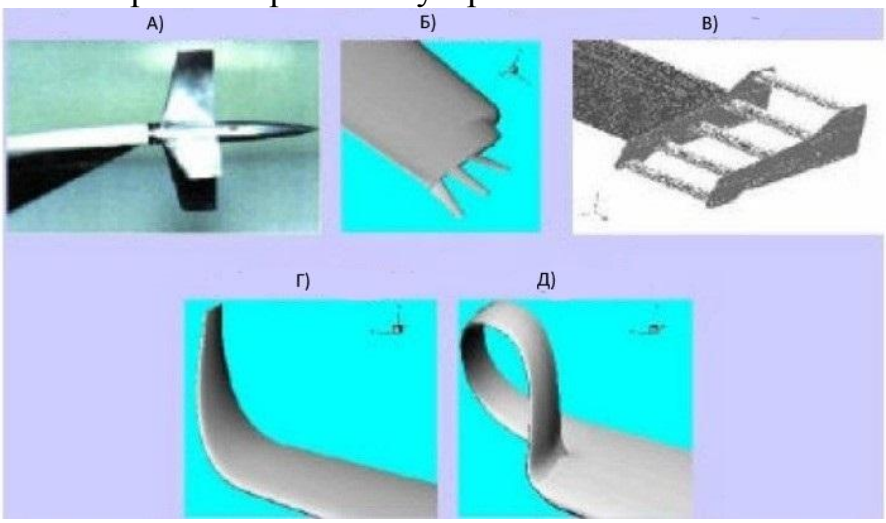


Рисунок 1 - Разные крылатые устройства, где

а) законцовка сопряженного типа; б) законцовка парусного типа; в) решётчатая законцовка; г) законцовка смешанного типа; д) законцовка спироидного типа;

Концепция летающего крыла состоит в том, что необходимо получить очень гладкую смешанную форму за счет модификации законцовки крыла. Ожидается, что летающее крыло будет более эффективным, чем узкое. Для уменьшения ускорения, возникающего в искривленном поперечном потоке используется уменьшения интенсивности вихря, поскольку избегается важное изменение хорды. Спироидная законцовка крыла представляет собой спиральную петлю, полученную соединением законцовки с вертикальным и горизонтальным оперением. Это нетрадиционное устройство кажется

многообещающим для уменьшения интенсивности вихря, но его сложную геометрию трудно оптимизировать. Проектирование обоих концевых устройств крыла производились с использованием численного подхода оптимизации и решений Эйлера. Распределения давления, полученные на смешанном крыле и на законцовки спироида в крейсерских условиях при M = 0,85 и угле атаки 1,07^{o} показаны на рисунке 2. Видно, что в обоих случаях скорости потока были ограничены, чтобы избежать возмущений из-за волнового сопротивления и срыва потока.

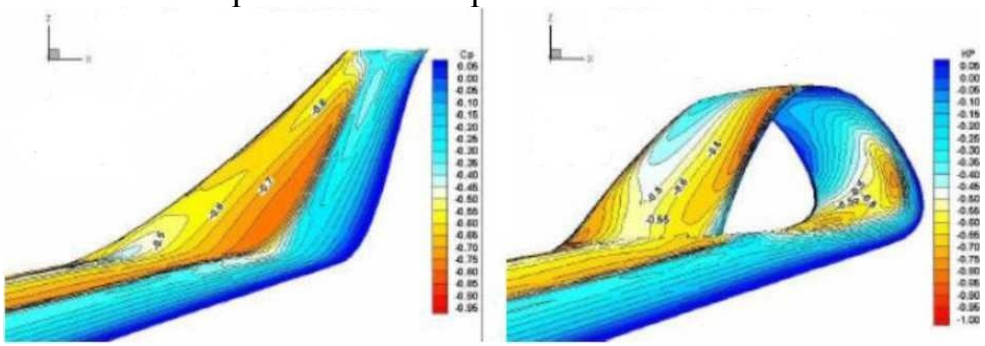


Рисунок 2 - Расчетное распределение давления вокруг законцовки смешанного типа и спироидного в крейсерском полёте

Экспериментальные результаты показывают, что сопротивление уменьшается на 26,4 % -30,9 % для модели самолета с крылом, имеющим максимальное число Рейнольдса, рассмотренного в исследованиях. Кроме того, треугольное крыло с углом наклона в пять градусов обладает лучшими характеристиками, снижая лобовое сопротивление примерно на 30,9% по сравнению с другими конфигурациями.

Индуктивное сопротивление из-за подъемной силы составляет приблизительно 40% от общего аэродинамического сопротивления в крейсерском полете и более 90% от общего аэродинамического сопротивления при взлете типичного транспортного самолета.

Результаты, которые показаны на рисунке 3, показывают следующее: тенденция линейного подъема следует за увеличением 0,0013 CL (сантилитры) на 1000 об/мин (А), а направление параболического сопротивления следует примерно за 0,006 падением CD на 1000 об/мин (Б). Когда число оборотов в минуту было увеличено выше 12000, подъемная сила начинает уменьшаться, а сопротивление увеличивается, из-за слабого образования удара на конце гребного винта (Г). Наблюдалось, что ядро вихря выходило за борт с увеличением числа оборотов до 12000. Увеличение скорости вращения воздушного винта заставляет ядро индуктивного вихря быстрее достигать давления в свободном потоке (Д и Е). Величина C_{xi}пика всасывания передней кромки крыла увеличивается с оборотами в минуту, в то время как величина пика всасывания задней кромки крыла уменьшается с увеличением частоты вращения. Было также отмечено, что увеличение оборотов приводит к более высокому давлению в нижней поверхности крыла. Основное воздействие пропеллера на механизм закручивания наконечника-вихря состояло в том, что он пытается подавить благоприятный градиент давления, который направляет

поток от нижней поверхности к верхней поверхности крыла. Вторичный эффект заключался в том, что он пытается подавить образование вторичного вихря. Таким образом, результаты показывают, что это пропеллерное устройство может обеспечить эффективное средство снижения сопротивления.

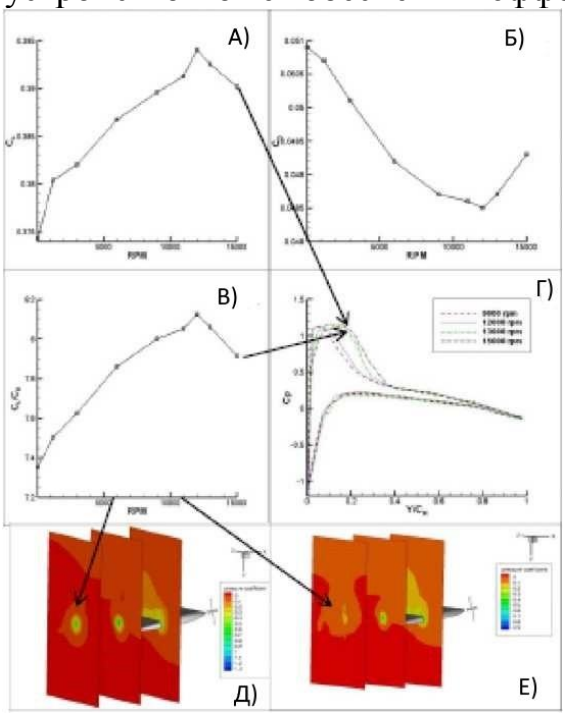


Рисунок 3 - Результаты вычислительного анализа для снижения индуктивного сопротивления

Классическая линеаризованная теория указывает, что эллиптическая нагрузка, увеличенное соотношение размаха крыла, более низкие значения коэффициента подъема, уменьшенный вес, являются основными подходами к снижению сопротивления. Увеличение соотношения сторон определенной точки, очевидно, становится неэффективным из-за структурных потерь, в то время как уменьшенный коэффициент подъемной силы влечет за собой большие крылья, увеличение массы и площади вязкого сопротивления. Применение обширного альтернативного набора решений для уменьшения вихревого сопротивления было относительно редким (за исключением крыльев) по многим причинам, включая (в зависимости от подхода) структурный вес, паразитное сопротивление и, благодаря творческой общей конфигурации, облик самолета, как обсуждено в следующем разделе.

Мы предлагаем три подхода к снижению индуктивного сопротивления:

1) Подходы неплоских вихревых слоев: ослабление допущений классической линейной теории (закрытое тело, без добавления энергии, планарный вихревой слой и т. д.) Предоставляет альтернативные возможности уменьшения вихревого сопротивления. В частности, использование неплоских подъемных поверхностей, например, распределение подъема по вертикали с помощью различных подходов, таких как наклоны вверх и несколько (вертикально разнесенных) крыльев, может обеспечить значительное снижение

(до 15 процентов).

2) Извлечение энергии (тяги) из вихря законцовки: вихрь, который формируется по потоку от законцовки крыла. Характерной особенностью этого вихревого образования является поток, который находится под углом к свободному. Следовательно, в этот поток могут быть применены устройства для создания (или восстановления) тяги или энергии из этого потока. Это является фундаментальным обоснованием, по крайней мере, четырех устройств, которые уменьшают индуктивное сопротивление. Эти устройства, очевидно, также могут оказывать влияние на сам процесс образования вихря и, таким образом, непосредственно снижение индуктивного сопротивления. Такие устройства включают законцовки сопряженного типа для извлечения энергии (тяги), винглеты, лопасти вихревого диффузора и шарклеты. Лопасть вихревого диффузора поддерживается лонжероном за концевой хордой крыла, что позволяет вихрю концентрироваться до перехвата. Эти устройства работают довольно хорошо, в зависимости от конструкции крыла и нагрузки на область наконечника, и обеспечивают на 5-15% снижение индуктивного сопротивления в условиях обычного взлета и посадки. Основные проблемы их применения включают, наряду с «обычными» проблемами, о которых говорилось ранее, возможное использование в качестве контрольных устройств.

3) Изменение граничных условий законцовок. Эти методы снижения сопротивления, зависящие от подъема, основаны либо на устранении законцовки в целом, либо на добавлении массы (или тяги) в область концевой хорды. Устранение физических законцовок крыльев может быть достигнуто либо с помощью «кольцевых крыльев», либо с помощью соединения крыла с хвостовой частью. Массовое добавление около законцовки может быть выполнено либо посредством продувки законцовки (локальный, дистанционный пассивный или активный отвод), либо использование двигателей с крылом, что приводит к значительному (до 40% в зависимости от конструкции крыла) снижению вихревого сопротивления. К пассивному выдуванию законцовки можно было бы приблизиться путем проглатывания передней кромки крыла (что позволило увеличить толщину крыла), с последующим выдуванием законцовок, используемых для создания и модулирования возбуждений, вихревой нестабильности вихревого наконечника при посадке (взлете) для облегчения следа вихревой опасности.

Список литературы

1. Горбунов, А. А. Математическая модель применяемая в автоматизированном проектировании дополнительных аэродинамических поверхностей крыла воздушного судна / А. А. Горбунов, А. Д. Припадчев - Интернет-журнал «Науковедение». 2014. – №2. – С. 1 – 10.

2. Горбунов А.А. Применение метода линейного программирования при автоматизированном проектировании дополнительных аэродинамических поверхностей / А. А. Горбунов, А. Д. Припадчев - Международный

научнопрактический журнал «Программные продукты и системы». – 2012. – №4. – С. 203 – 206

3. Султанов, Н.З. Методические основы оценки эффективности применения воздушных судов на авиационных работах / Н.З. Султанов, Б.А. Портников, Д.И. Сергеев // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сб. докл. седьмой Росс. науч.-практ. конф./ Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С.221…229 [189]

4. Султанов, Н.З. Системное и ситуационное моделирование социально-экономических и производственных объектов / Н.З. Султанов, Б.А. Портников, Д.И. Сергеев //Прогрессивные технологии в транспортных системах: сб. докл. шестой Росс. науч.-техн. конф./ Оренбург: Оренбургский государственных ун-т, 2003. – С. 177…181 [173]

5. Султанов, Н.З. К вопросу повышения эффективности функционирования автотранспортного предприятия с использованием программно-целевого планирования и выбора рациональной структуры парка / Н.З. Султанов, И.И. Любимов, Г.К. Ныров //Вестник ОГУ. - 2006. – № 10(60).- С. 422…428 [206]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ КРЫЛА К КОРПУСУ РАКЕТЫ

Салата О.Р.
Оренбургский государственный университет

Наиболее распространенным типом как управляемых, так и неуправляемых ракет являются крылатые ракеты. Ввиду особенностей условий эксплуатации – большие динамические и силовые нагрузки, существенные перепады температур, важнейшим требование является надежность крепления крыла к корпусу летательного аппарата. Целью данной работы является анализ способов крепления крыла ракеты к корпусу.

Обеспечение прочности корпуса ракеты – важнейшая функция стыковых узлов. Стыковые узлы должны обеспечивать строгое взаимное расположение крыльев на корпусе, что необходимо для обеспечения аэродинамических требований, предъявляемых к летательному аппарату.

Определяющим фактором для конструкции является выбор места установки крыльев на корпусе ракеты. При различных аэродинамических схемах крыло размещают в хвостовой части, в непосредственной близости от сопла, либо в головной части корпуса. При этом узлы крепления крыльев должны располагаться непосредственно на силовом шпангоуте отсека топлива или корпуса ракетного двигателя летательного аппарата. Рассмотрим некоторые способы крепления консолей крыла к корпусу ракеты.

Ушковые соединения крыла с корпусом выполняются в нескольких вариантах: с наружными проушинами на крыле; с наружными проушинами на корпусе Выбор типа стыка определяется условиями нагружения и конструктивно-силовыми схемами крыла и корпуса.

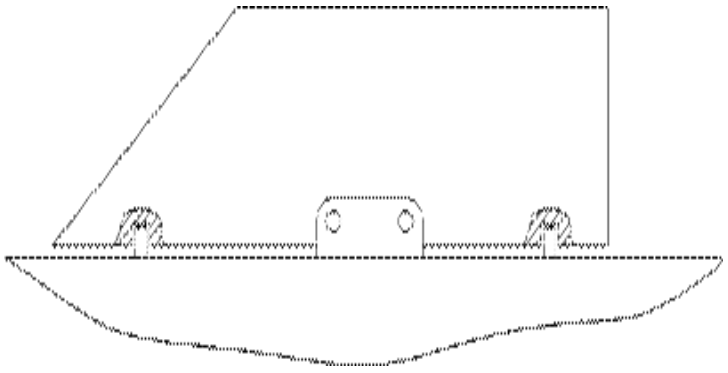


Рисунок1 - Ушковое соединение крыла.

На рисунке 1 показано ушковое соединение крыла с корпусом с точечным типом крепления. Количество проушин и их геометрические параметры зависят от конструкции крыла и прикладываемой при эксплуатации нагрузки. Так как возникновение люфтов является негативным фактором, все соединения, болты и отверстия под них выполняются по высококлассным посадкам. Дополнительные

точки крепления в передней и хвостовой части крыла выполняются в виде направляющих штырей, устанавливаемых в посадочные отверстия отсека, которые получают на обрабатывающих центрах или многокоординатных станках с ЧПУ. Крепежный узел, охватывающий плоскость крыла, приваривают к корпусу отсека методом аргонно-дуговой сварки. Положение узла крепления, при сварке, координируется специальным приспособлением относительно дополнительных точек крепления крыла к корпусу.

При контурном типе крепления проушины приваривают к корпусу в специальном приспособлении, обеспечивающем требуемую точность координации взаимного положения крыльев относительно друг друга и корпуса отсека. Для обеспечения данного соединения, на максимально возможной длине корневой части крыла добавляют уголковые профили, которые привариваются или приклепываются к силовому набору корпуса.

Материал, используемый для изготовления проушин, идентичной или близкий по свойствам материалу корпуса, что позволяет обеспечить высокое качество сварного соединения. Особые требования по точности предъявляются при изготовлении поверхности в проушинах и консоли, которые сопрягаются друг с другом. Проушины целесообразно изготавливать горячей штамповкой в пресс-формах, окончательные размеры получают при механической обработке.

Моноблочное крыло с контурным типом крепления, будет выгодным по массе только при наличии необходимой жесткости корпуса. Точечная стыковка с использованием лонжеронной схемы, требует применения в конструкции корпуса усиленными шпангоутами.

Узловое соединение типа ухо-вилка (рис.2) применяют для лонжеронных консолей относительно больших размеров, при этом используются профили значительной высоты. Данное соединение может выполняться в двух вариантах: с осями болтов перпендикулярными хорде и с осями болтов параллельными хорде.

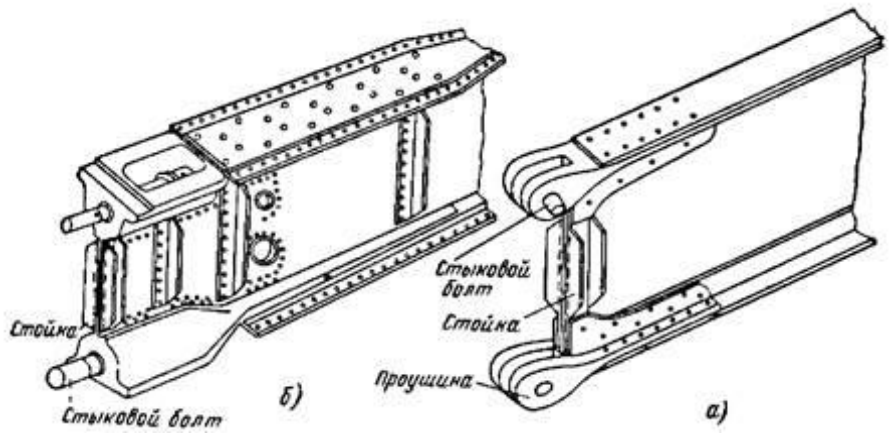


Рисунок 2 – Соединение ухо-вилка.

Второй вариант более предпочтительный для ракет значительных калибров, к которым не предъявляются жесткие требования по лобовому сопротивлению.

Частным вариантом исполнения соединения ухо-вилка, является соединение гребенками (рис. 3)

Рисунок 3 - Креплений гребенками.

Фланцевое соединение может быть выполнено так же двух типов стыков: контурного и точечного.

При точечной стыковке в шпангоуте корпуса отсека устанавливаются две шпильки. Одна из них выполняется по классной посадке и работает на срез, передавая на корпус перерезывающую силу, а вторая, выполняется с гарантированным зазором, что обеспечивает взаимозаменяемость стыка.

Контурный фланцевый стык выполняется с помощью уголковых профилей, закрепленных на корпусе посредством шпилек с гайками или винтов. Отверстия под шпильки получают на координатных станках с ЧПУ, это позволяет обеспечивать высокую точность исполнения и как следствие требуемую точность установки крыла на корпусе изделия.

Таким образом можно сделать следующие выводы. Основными типами являются контурное и точечное крепление, которые применяются при различных видах крепления. В зависимости от задач, предъявляемых к конкретному изделию, материала из которого изготовлено крыло и корпус ракеты, а также задач, выполняемых узлом, обуславливается выбор вида и типа крепления консолей.

Список литературы

1. Голубев, И.С., Светлов, В.Г. Проектирование зенитных управляемых ракет/И.С. Голубев, В.Г. Светлов - М.: МАИ - 2001. -723с.

2. Гусейнов, А.Б., Трусов, В.Н, Проектирование крылатых ракет с ТРД: Учеб. пособие / А. Б. Гусейнов, В. Н. Трусов; Московский авиационный институт (гос. техн. ун-т). - М. : МАИ - 2003. - 87с.

3. Широкорад, А. Б. Энциклопедия отечественного ракетного оружия 1817-2002. / А. Б. Широкорад. Под общ. ред. А. Е. Тараса. – М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2003. – 544 с.: 40 л. вкл. ISBN 5-17-011177-0 (АСТ)

4. ОСТ 1.12915-77. Соединения узлов навески руля направления, руля высоты, элеронов, киля, стабилизатора, крыла. Конструкция и размеры. Введ. с 01.01.78.

ПРОЦЕСС ДОСТАВКИ И УСТАНОВКИ РАКЕТОНОСИТЕЛЯ НА СТАРТОВЫЙ СТОЛ

Сейтпанов С.С.
Оренбургский государственный университет

Постоянный рост и усовершенствование сложнейших технических систем и механизмов ракетно-космических комплексов, являющихся наукоемкими предметами техники, нуждается в материальных, финансовых и иных затрат, которые направляются на увеличение надежности, долговечности и удобства использования ракетно-космической техники, в целом увеличивая ее качество.

Надежность ракетно-космического комплекса зависит от качества ракеты-носителя и надежности систем наземного технологического оборудования. Обеспечение надежности высокотехнологичных предпусковых операций и удачного пуска ракеты космического назначения – задача для всех систем из состава комплекса наземного технологического оборудования.

Важность средств доставки исходит из того, что от безопасной доставки РКН на стартовый стол зависит ее удачный старт и полет, поскольку корпус ракеты космического назначения не устойчив к ударным нагрузкам. Неправильный выбор схемы доставки ракеты космического назначения на стартовый комплекс может привести к разрушению РКН, наземного технологического оборудования, и к нанесению ущерба здоровью и жизни людей.

Данный процесс обладает большой трудоемкостью предстартовой подготовки ракеты-носителя из-за наличия узлов разового действия, большого объема ручных операций, низкой безопасностью проведения работ на стартовом комплексе из-за необходимости присутствия обслуживающего персонала, низкой надежностью выполнения технологических операций из-за наличия ручных работ.

Технической задачей, является исключение ручных операций при подготовке ракеты-носителя на стартовой установке к пуску, что резко снижает трудоемкость выполнения операций и повышает их надежность, снижает время подготовки стартовой установки к приему очередной ракеты-носителя, что в свою очередь увеличивает пропускную способность стартовой установки, а также повышает надежность выполнения всех технологических операций за счет исключения узлов разового действия и отсутствия необратимых операций.

Агрегат с изделием транспортируется тепловозом с платформами прикрытия из монтажно-испытательного корпуса на место работы. За 11-12 м до наезда головной тележки на поворотный круг транспортирование агрегата тепловозом прекращается, тепловоз с платформами прикрытия отцепляется от агрегата и эвакуируется с места работы.

Производится стыковка рельсов поворотного круга откидными рельсами с рельсами подъездного пути и подключение кабеля к колонке питания.

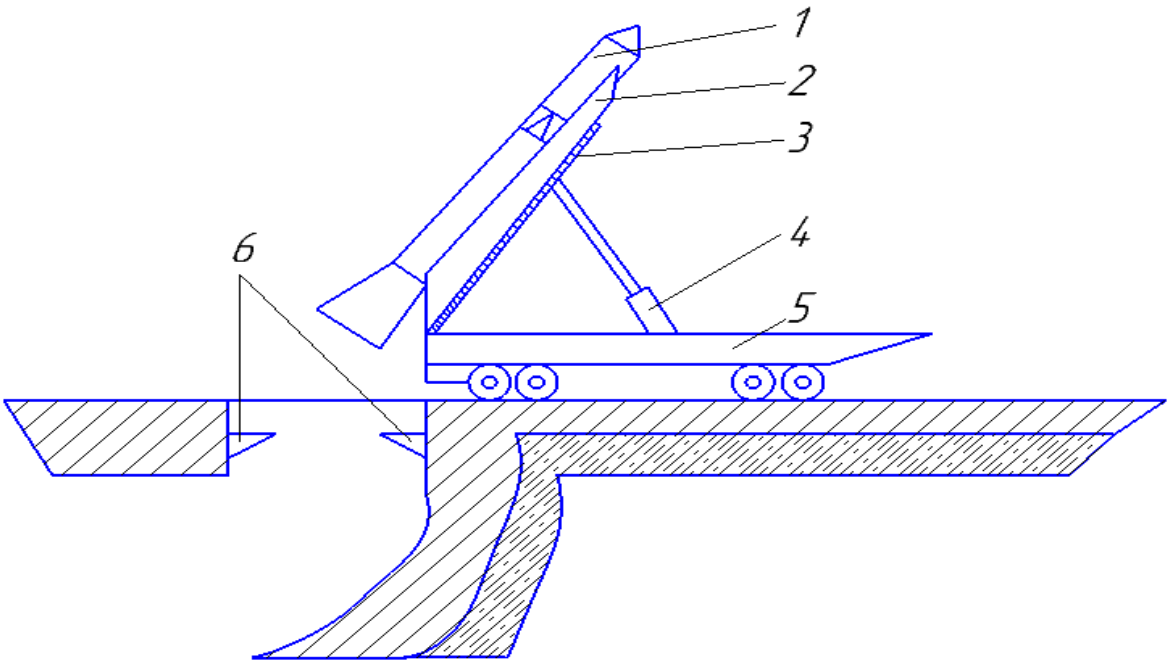


Рисунок 1 – установка РКН на ПУ транспортно-установочным агрегатом:
1 – РКН; 2 – стрела ТУА; 3 – кабель-мачта; 4 – силовой гидроцилиндр подъема стрелы; 5 – ТУА; 6 – опоры ПУ.

Дальнейшее движение агрегата производится самоходными тележками. В тот момент, когда гидроопоры будут расположены над роликами, производится остановка агрегата и опускание гидроопор механизма на ролик. При дальнейшем движении агрегата гидроопоры поворачиваются вниз и занимают вертикальное положение.

Производится выдвижение гидроопор до упора в тарели, закрепление агрегата механизмами и вывешивание агрегата на гидроопорах. Далее производится подъем стрелы с изделием в вертикальное положение и установка изделия.

При установке изделия производится корректировка его положения относительно верхнего силового пояса. Продольное перемещение агрегата с изделием производится механизмами доводки, наклон изделия в продольном направлении – гидродомкратом, а наклон изделия в поперечном направлении, подъем и опускание агрегата с изделием – гидроопорами. [2, 3].

После установки изделия разводятся рычаги захвата верхней опоры, производится расфиксация консоли относительно основания стрелы и серьги механизма подвески отсоединяются от изделия. Производится опускание стрелы до угла 15°, опускание агрегата на гидроопорах, отсоединение механизмов доводки от кронштейнов и закрепление их по походному. Затем агрегат на самоходных тележках отъезжает, до тех пор пока гидроопоры, упираясь в ролики, не займут горизонтальное положение. Агрегат останавливается и производится закрепление гидроопор механизмами в походном положении.

При дальнейшем движении агрегата консоль стрелы, упираясь в ролики, поворачивается вокруг своего шарнира и совмещается с основанием стрелы. Производится остановка агрегата, запирание консоли относительно основания стрелы откидными замками, опускание стрелы в горизонтальное положение и сведение рычагов захвата верхней опоры.

Агрегат отключается от колонки питания и эвакуируется тепловозом с платформами прикрытия с места работы на технологическую площадку.

При снятии изделия ТУА подается тепловозом. Производится стыковка рельсов поворотного круга с рельсами подъездного пути, подключение агрегата к колонке питания и разведение рычагов захвата верхней опоры. Подается агрегат на самоходных тележках. В этот момент когда консоль будет находится над роликами производится остановка агрегата, подъем стрелы до 20°, отъезд агрегата до касания консоли и открывания замков консоли. При дальнейшем движении агрегата вперед на самоходных тележках консоль, поворачиваясь вниз вокруг своего шарнира, проходит между изделием и поворотным кругом. В тот момент, когда гидроопоры будут находится над роликами, производится вторая остановка агрегата, гидроопоры опускаются механизмами на ролики и механизмы отсоединяются от гидроопор.

После наезда агрегата на поворотный круг производится закрепление агрегата механизмами доводки, вывешивание агрегата на гидроопорах и подъем стрелы до угла 88°.

Далее пристыковывается переносной пульт к разъему на средней опоре и управление агрегатом передается на переносной пульт. Стрела поднимается в вертикальное положение и производится корректировка ее положения относительно изделия. Затем консоль запирается замками, серьги механизма подвески закрепляются на изделии и производится натяжение штанг механизма подвески стяжными муфтами.

Управление агрегатом передается на основной пульт, а переносной пульт отстыковывается от разъема на средней опоре и убирается в инструментальный шкаф.

Сводятся рычаги захвата верхней опоры и вес изделия передается на ТУА. После разведения ферм стрела установщика с ракетой опускается в горизонтальное положение, агрегат опускается на гидроопорах, механизмы доводки отсоединяются от кронштейнов стартовой позиции и крепятся по-походному.

Агрегат отъезжает на самоходных тележках, при этом гидроопоры, упираясь в ролики, поворачиваются до горизонтального положения, после чего закрепляются механизмами.

Агрегат с изделием отключается от колонки питания и транспортируется тепловозом в МИК для разгрузки изделия.

Требуемая техническая задача решается за счет того, что транспортировку РКН к пусковой установке производят в горизонтальном положении, стыковку электрических разъемов коммуникаций от наземных систем, расположенных в кабель-мачте, осуществляют наездом ТУА с ракетой-

носителем на пусковую установку в горизонтальном положении, поднимают и устанавливают в вертикальном положении ракету-носитель на пусковую установку в состыкованном с кабель-мачтой состоянии, соединяют к ракете-носителю коммуникации заправки с помощью блоков автостыков, включают механизм удержания ракеты-носителя, а подготовку пусковой установки к приему очередной ракеты-носителя осуществляют посредством пристыковки к электрическим разъемам блоков автостыков устройства эквивалента бортовых систем ракеты-носителя, причем расстыковку электрических и пневматических цепей, расположенных на кабель-мачте, производят ходом стартующей ракеты-носителя, а расстыковку разъемов заправочных коммуникаций и механизма удержания ракеты-носителя осуществляют автоматически перед пуском РКН.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53802–2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. — Введ. 2011–07-01. — М. : Стандартинформ, 2011. — 32 с.

2. Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры. Т.1: Объекты космической инфраструктуры : учеб. пособие / Н.Д. Аникейчик [и др]. — СПб.: БВХ-Петербург, 2006. — 400 с.

3. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники. Кн. 1 / Под ред. И.В. Бармина. — М.: Полиграфикс РПК, 2005. — 416 с.

4. Афанасьев И. «Союзы» новые и старые. Интервью с Д. А. Барановым / И. Афанасьев // Новости космонавтики. — 2013. — №10. С. 54.

МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СБОРКЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЕ «КОМПАС-3DV17»

Сергиенко С.Н., канд.техн.наук, доцент,
Фирсова Н.В., канд.техн.наук, доцент,
Вождаев А.А., Мирманов Р.С.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Немаловажно не только быстро формировать объект, но и так же быстро редактировать его. Твердотельное моделирование владеет данными качествами, поэтому оно считается самой идеальной технологией. Методы изображений обеспечивают наибольшую реалистичность исполняемых моделей.

Иметь в своем распоряжении данные преимуществами,твердотельное моделирование признано самым быстрым, качественным и эффективным методом при создании проектов сложных объектов.

В современных трехмерных системах автоматизированного проектирования совмещают методы конструктивного представления моделей. В общем случае порядок создания модели содержит формирования основания, вырезание и приклеивание дополнительных элементов, зеркальное копирование, построение массивов элементов, создание дополнительных элементов конструкции.

Формирование отдельных трехмерных объектов начинается с добавления или создания эскиза (плоской фигуры). На ее основе создается объемное тело. Последующие объекты можно объединить в сборке. В данном случае для ее создания использовался КОМПАС-3D.

Сборка в КОМПАС-3D — это трехмерная модель, которая может объединять в себе компоненты сборки, такие как модели деталей, стандартные изделия, подсборки, а также и информацию о расположении компонентов. Вся информация и состав сборки задается самим пользователем [1].

В каждом файле детали присутствует система координат и плоскости проекции, которые определяются данной системой.

Изображение системы координат появляется в центре окна построения модели. Ее плоскости показаны в виде прямоугольников, лежащих в трех плоскостях. Подобное изображение позволяет увидеть расположение выбранной плоскости в пространстве. В системе КОМПАС-3D принята ориентация плоскостей проекции, показанная на рисунке 1

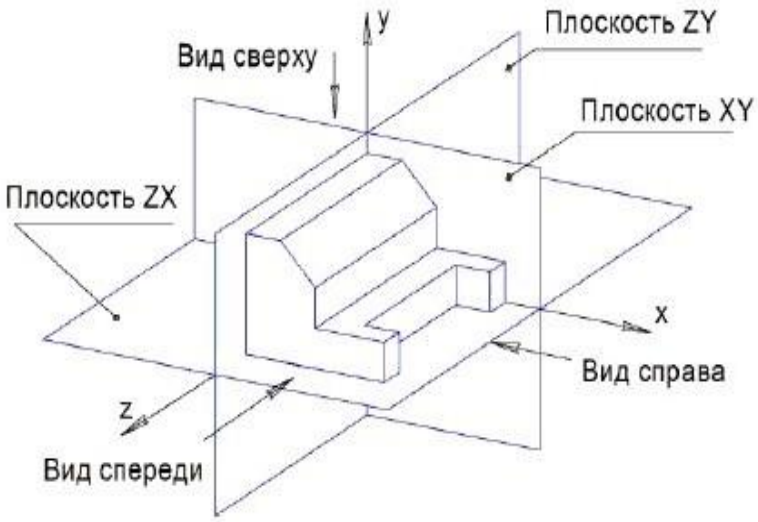
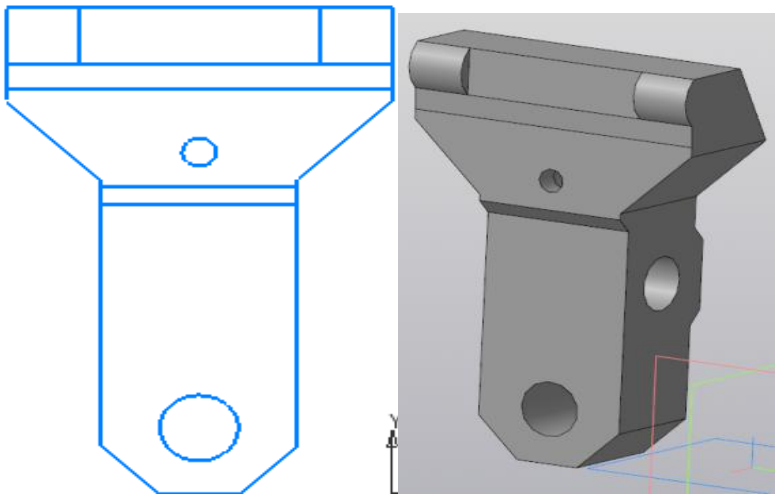
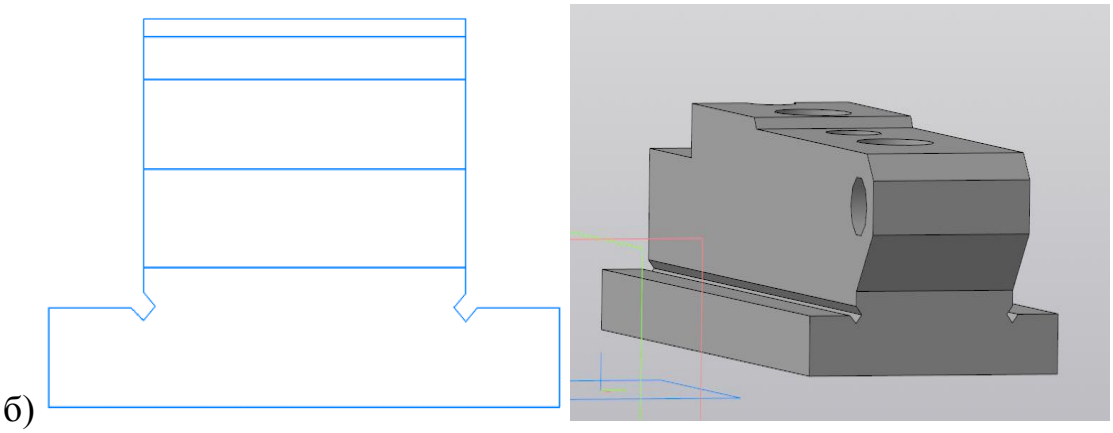


Рисунок 1 - Ориентация координатных осей и плоскостей проекций в системе КОМПАС-3D

Перед началом создания модели сборки необходимо разбить модель на детали, это называется деталирование. Оно может осуществляться и на основе твердотельного моделирования отдельных деталей. При выполнении чертежа детали необходимо правильно выбрать главное изображение. По ГОСТ, в качестве главного принимается изображение на фронтальной плоскости проекции. Предмет располагают на плоскости так, чтобы изображение давало как можно больше информации о размерах, форме предмета, его назначении. На рисунке 2 упрощенно показаны главные и аксонометрические изображения деталей, входящих в состав механизма закрепления деталей выполненные мною.

а)

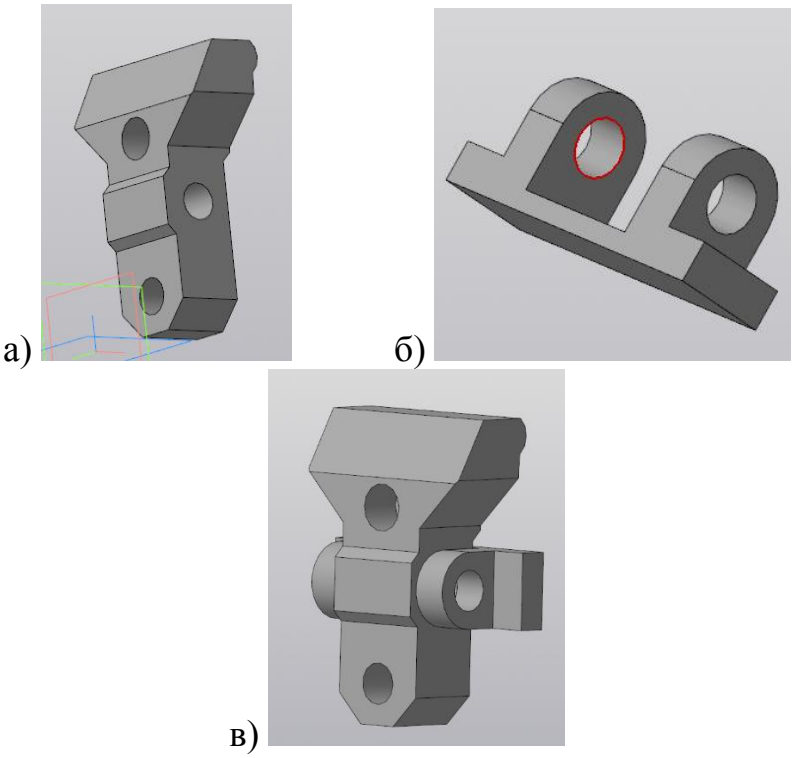




б)

Рисунок 2 – Главное (фронтальное) и аксонометрическое изображения деталей: а) «Прихват»; б) «Головка»

После вставки компонента в сборку можно задать его ориентацию и примерное или конкретное расположение. В системе КОМПАС-3D существуют несколько способов перемещения деталей в сборке: сдвиг в любом направлении, вращение компонента вокруг центра, точки или оси, совпадение. При перемещении необходимо соблюдать осторожность, так как могут нарушиться существующие в сборке параметрические связи и некоторые ограничения [2].



а) б) в)

Рисунок 3 – Пример сборки элементов; а) Прихват; б) Кронштейн; в) данные детали в сборке

Если в сборке присутствуют стандартные изделия (в данной сборке требовались штифты), то их можно добавить с помощью специальной библиотеки. Рассмотрим данную систему на примере КОМПАС-3D v17.

1. Во вкладке приложения находим пункт стандартные изделия/вставить элемент.

2. В списке разделов находим крепежные изделия/штифты/штифты цилиндрические.

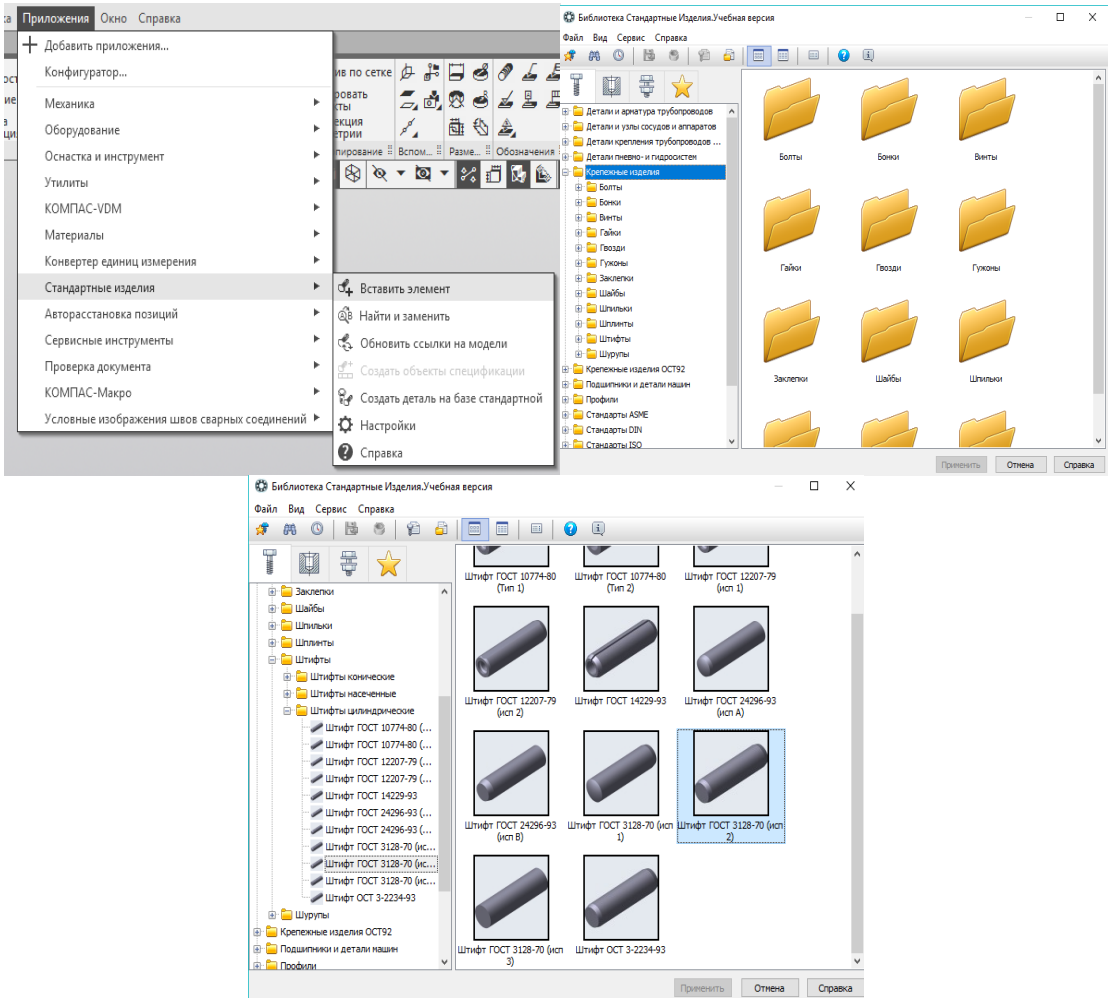


Рисунок 4 - Пример выбора стандартных элементов через «библиотеку»

3. В списке штифтов выбираем требуемый для сборки элемент, в данном случае требовался штифт ГОСТ 3128-70 (исп. 2). (рисунок 4)

В итоге, после всех выполненных операций мне удалось построить модель механизма закрепления деталей которая представлена на рисунке 5

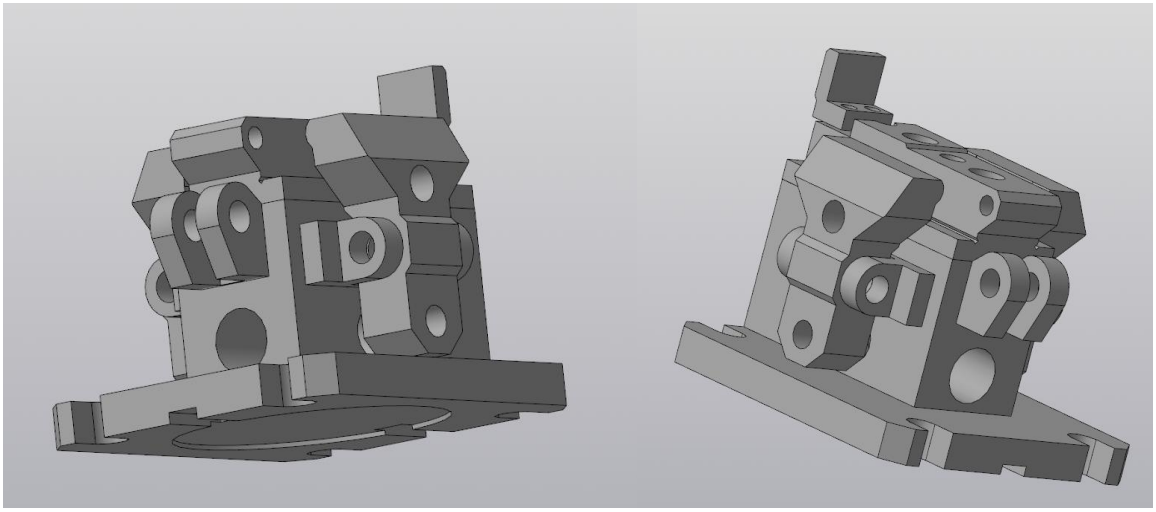


Рисунок 5 - Модель механизма закрепления деталей, выполненная в КОМПАС 3DV17

Умение работы с программным продуктом КОМПАС 3D V17, как я считаю будет полезна студентам технических специальностей, потому что она проста в освоении, имеет широкие возможности твердотельного, поверхностного и прямого моделирования, что позволяет часто использовать эту программу при прототипировании в производстве.

Список литературы

1. 17 версия КОМПАС-3D. Российская программа КОМПАС-3D V17 получила новый интерфейс и новый функционал [Электронный ресурс].: Каталог статей://РОСПОЗИТИВ. – Режим доступа: http://rospozitiv.ru/kompas-3d-v17. -2016-12-27

2. Выход на рынок «Компас-3D V17» [Электронный ресурс].: Каталог статей. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/a/58743

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВЕРСИЯХ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ «КОМПАС-3D»

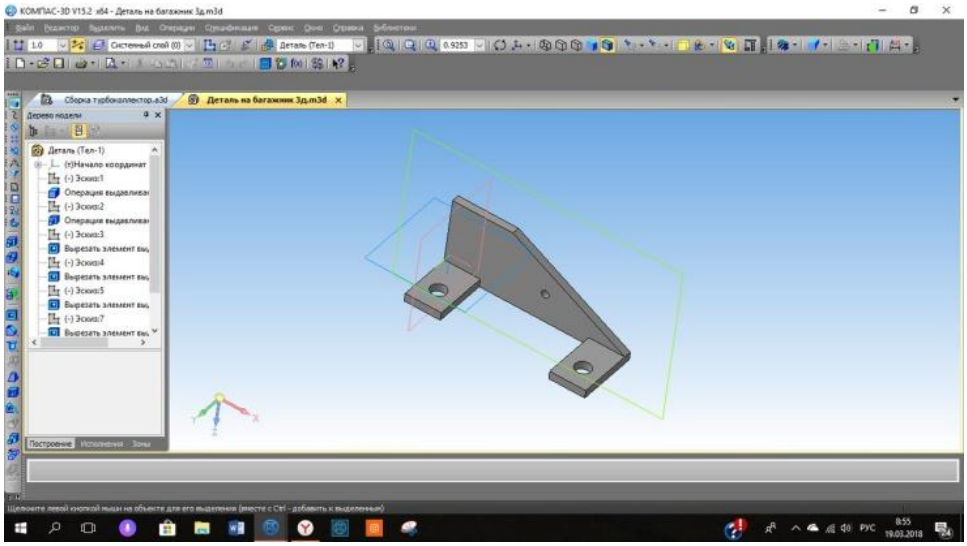
Сергиенко С.Н., канд.техн.наук, доцент,
Фирсова Н.В., канд.техн.наук, доцент,
Вождаев А.А, Мирманов Р.С.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
Оренбургского государственного университета

В настоящее время получили широкое применение системы моделирования, которые имеют достаточно высокую степенью автоматизации процесса моделирования, когда наряду с программными средствами управления вычислительным экспериментом используется возможность диалогового общения исследователя с процессом моделирования. Степень автоматизации процесса создания модели тесно связана с ее управляемостью. В данном смысле наличие управляемых параметров и переменных модели в реализованной системе моделирования дает возможность поставить обширный эксперимент и принять широкий спектр результатов.

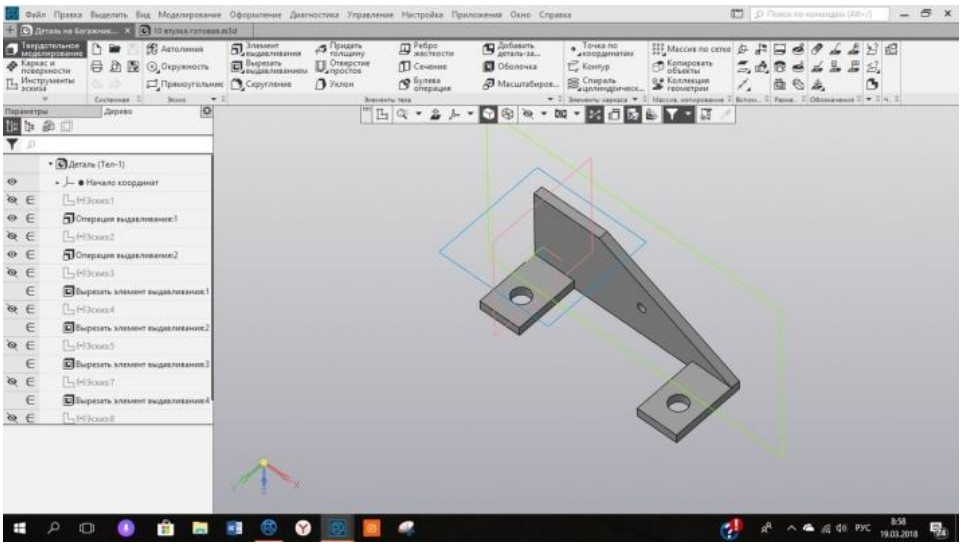
В последнее время, многие предприятий перешли на создания конструкторской документации в CAD-системах. Современное производство диктует новые требования, в котором уже недостаточно только 2D-изображения. Все чаще приходиться создавать не только 3D отдельной детали, а трехмерное изображение всего агрегата в целом. Трехмерные CAD-системы предоставляют проектировщику большой простор для творчества и при этом позволяют значительно ускорить процесс выпуска проектно-сметной документации. Такие системы позволяют повысить точность проектирования: становится проще отследить спорные моменты в конструкции.

Универсальная система трехмерного проектирования, находит своё применение при решении различных задач, как в архитектурно-строительном, так и технологическом проектировании. На основании трехмерной компьютерной модели конструктивно прорабатываются все элементы и узлы изделия, определяются недоработки, вносятся изменения. Трехмерные модели деталей могут в дальнейшем применяться для создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением, выполнения разверток листовых деталей, вычисления объемно- весовых характеристик деталей, изготовления шаблонов для гибки, сборки и так далее.

В 17 версии прикладной программы «Компас-3D» произошли существенные изменения, а именно, в новой версии, которая вышла 2017 году, значительно изменился интерфейс.



а)



б)

Рисунок 1 – Интерфейс программы: а) Компас-3D V15; б) Компас-3D V17

Изменения не только визуальные - для повышения удобства работы пользователя с системой была переработана ее логика. Одна, из которых это удобство выполнения формообразующих операций (построение деталей) и задания параметров. Теперь не обязательно выходить из одной операции, чтобы ввести параметры в другую. Однотипные команды в разных операциях стали одним процессом, что дает пользователю возможность в любой момент времени переключаться с одного типа построения на другой, не теряя введенных параметров, что значительно снижает время на построение.

Особого внимания следует уделить компактной панели, которая координально отличается от всех предыдущих версий. Список наборов, теперь располагается в верхнем левом углу и имеет гораздо меньше (в конфигурации по умолчанию) элементов, чем прежняя панель. Это связано, прежде всего, с тем, что под набором сейчас понимается необходимый комплект инструментов

пользователя для выполнения какой-то группы задач. Например, в 3D-моделировании это твердотельное, листовое или поверхностное моделирование. Более того, существуют «виртуальные» наборы, которые включаются в зависимости от контекста использования. Например, набор Инструменты эскиза доступен только в режиме«Эскиз». Также некоторые библиотеки могут создавать свои наборы. Еще набор может содержать в себе любую команду, доступную в v17, в том числе и библиотечную, а в v17.1 пользователи сами смогут создавать такие наборы, компонуя команды и группы команд по своему усмотрению.

В 17-ой версии все кнопки, индикаторы, списки и прочие элементы, которые отвечали за отображение состояния модели или чертежа, собраны на специальной быстрой панели. Также на эту панель попали кнопки режимов и состояний (развертка, разнесение, эскиз).

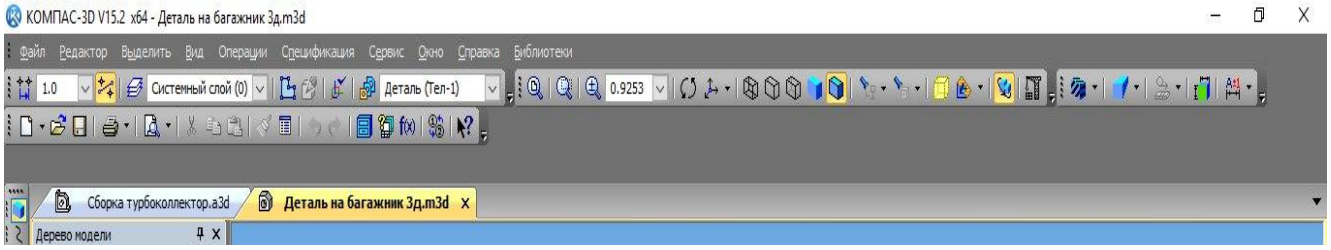


Рисунок 2 – Компактная панель Компас-3D V15

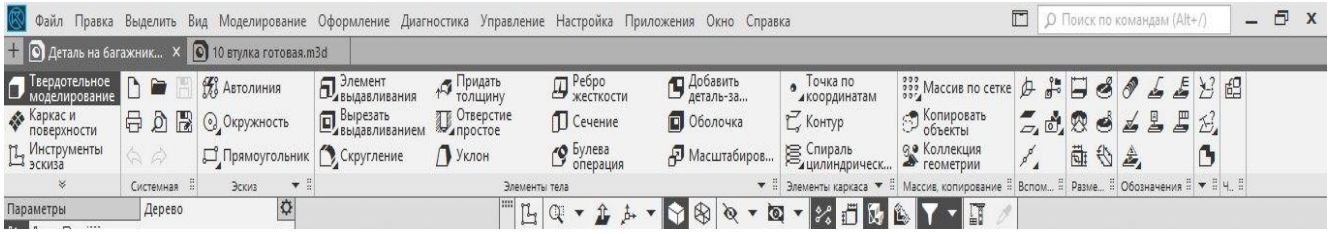


Рисунок 3 – Компактная панель Компас-3D V17

Еще одно новшество «Компас-3D V17» - это способность его интерфейса подстраиваться под работу пользователя и концентрировать его внимание именно на тех параметрах, с которыми необходимо работать в данный момент. Если в предыдущих версиях программы отображалось множество различных кнопок и панелей без отдельного акцента, то теперь интерфейс стал контекстно-зависимым. Эти изменения произошли за счет цветовых решений (система будет «подсказывать» пользователю, в каком режиме он сейчас работает, какие кнопки и панели ему могут быть нужны, какие параметры требуется ввести в первую очередь и так далее) [3].

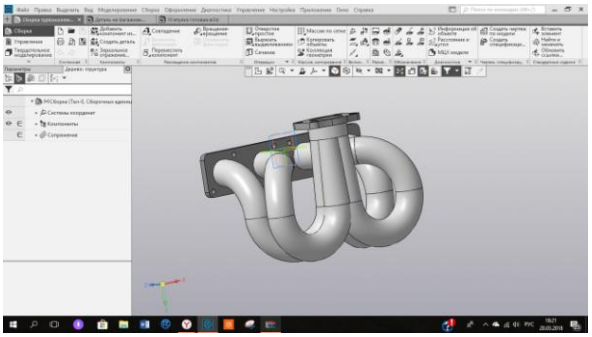
При этом для удобства пользователей интерфейс теперь реализован в более спокойной, чем ранее, цветовой гамме, не перегружающей зрение. Выделение цветом фокусирует внимание пользователя только в тех местах и только в тот момент, когда это действительно необходимо [1].

Одна из новых функций, которая появилась в программе, - возможность поиска по командам и по дереву деталей. Например, при вводе ключевых слов «операция вращения» система сразу предоставит пользователю интерфейс именно этой операции.

Также реализована возможность работы в режиме многомониторности: большинство инженеров для работы с системой обычно имеют на столе по два и более мониторов. Новый интерфейс также будет поддерживать работу на мониторах высокой четкости, включая 4К, и автоматически масштабироваться в соответствии с разрешением монитора и настройками в оперативной системе (ОС)

В новой версии также переработана архитектура системы: блок интерфейса и блок бизнес-логики в ней будут отделены друг от друга. Это упрощает возможность как внесения изменений в интерфейс самой системы, так и обеспечит возможность работы с ней в интерфейсах других операционных систем, например, в ОС Linux (до сих пор работа в «Компас-3D» возможна только под ОС Windows) [3].

Благодаря новой версии "КОМПАС-3D V17" я смог убедиться в мнофункциональности этой программы, удобстве интерфейса, затрачивание значительнее меньше времени на конструирование деталей и сборку узлов машины. "КОМПАС-3D V17" показал себя эффективнее предыдущей версии и позволил мне, как пользователю, интенсивнее развиваться в области проектирования. Трёхмерная модель позволяет увидеть все нюансы будущей детали или конструкции на этапе моделирования, устранить все ошибки, тем самым значительно уменьшая расходы на производственные издержки. В качестве примера приведу изображение сборки турбо коллектора для спортивных автомобилей, состоящей из фланцев и изогнутых труб



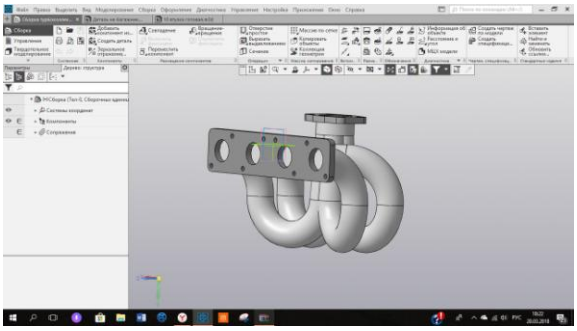


Рисунок 4 – Сборка коллектора в Компас-3D V17

Такие значимые новшества показывают, что система "КОМПАС-3D V17" поднимается на более высокий профессиональный уровень. Эта версия позволяет повысить скорость работы с конструкторской документацией.

Новая технология позволяет анализировать качество выполняемой работы на раннем этапе, так как чертеж генерируется в финале. Гораздо легче обнаружить коллизии в объемной модели, чем на плоских чертежах.

Список литературы

1. «Аскон» радикально изменил интерфейс «Компас-3D» впервые за 10 лет [Электронный ресурс].: Каталог статей. – Режим доступа: http://secret.kompas3d.su/publ/askon_radikalno_izmenil_interfejs_kompas_3d_vpervye_za_10_let/1-1-0-66

2. 17 версия КОМПАС-3D. Российская программа КОМПАС-3D V17 получила новый интерфейс и новый функционал[Электронный ресурс].: Каталог статей://РОСПОЗИТИВ. – Режим доступа: http://rospozitiv.ru/kompas-3d-v17. -2016-12-27

3. 2017: Выход на рынок «Компас-3D V17» [Электронный ресурс].: Каталог статей.. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/a/58743

ОСОБЕННОСТИ ЦЕЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ОПК В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ОГУ

Сердюк А.И., д-р техн.наук, профессор, Езерская Е.М., к.п.н., доцент, Гаврюшина Е.В.
Оренбургский государственный университет

Благодаря современной учебно-научной материальной базе, сформированной в последние годы, и мощной поддержке со стороны ведущего предприятия - партнера АО «ПО «Стрела» Аэрокосмический институт (АКИ) ОГУ ежегодно, начиная с 2014 года, одерживает победы в конкурсах Минобрнауки по целевой подготовке кадров для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК-2014, ОПК-2015, ОПК-2016, ОПК-2017) [1].

Направления совместной деятельности АКИ ОГУ и предприятия ОПК в развитии системы подготовки кадров, а также направления расходования средств субсидии, предопределяются условиями текущих конкурсов «Кадры для ОПК». Это: заключение договоров между предприятием и студентами; целевая дополнительная подготовка данных студентов; профориентационная работа со школьниками и студентами в интересах предприятия; повышение квалификации профессорско-преподавательского состава. Рассмотрим содержание целевой подготовки более подробно [2].

Заключение договоров между предприятием и студентами. Формой договора предусматриваются обязательства предприятия и студента. Предприятие обязуется организовать студенту прохождение практики в соответствии с учебным планом и обеспечить его трудоустройство на имеющиеся вакансии в соответствии с полученной квалификацией. Студент, в свою очередь, обязуется успешно пройти государственную итоговую аттестацию по образовательной программе целевой дополнительной подготовки и заключить трудовой договор (контракт) с предприятием.

Еще несколько лет назад в информационных буклетах Аэрокосмического института для абитуриентов в качестве бонуса указывалось, что институт гарантирует предоставление выпускникам первого рабочего места в АО «ПО «Стрела» [3].

В настоящее время ситуация изменилась: предприятия ОПК региона практически полностью укомплектованы кадрами, а трудоустройство на них стало весьма привлекательным, благодаря относительно высокой и стабильной зарплате и мерам социальной поддержки. Желающие трудоустроиться предоставляют резюме, для отобранных соискателей проводятся собеседования, далее следует длительная проверка личных данных соискателя. Поэтому студенты охотно идут на заключения договоров с предприятием, а данный факт, с другой стороны, стимулирует их более ответственное отношение к обучению по целевой подготовке [4].

Поэтому задачей учебной части АКИ является сформировать списки наиболее подготовленных студентов из числа граждан РФ и получить согласие

каждого из них на заключение договора с АО «ПО «Стрела». Сформированные списки студентов согласовываются с отделом кадров предприятия, а заключаемые договора подписываются заместителем генерального директора по персоналу.

Следует отметить, что, начиная с 2018 года Объединение приступило к масштабному обновлению инженерно-технических кадров. Объединению нужны конструкторы, технологи, диспетчеры, специалисты по автоматизации и управлению, инженеры-испытатели, контролеры, мастера и специалисты других профилей, владеющие современными компьютерными системами инженерного анализа, автоматизированного проектирования, технологической подготовкой производства, оперативно-календарного планирования, программирования систем ЧПУ, контроллерного управления оборудованием. То, к чему Аэрокосмический институт ОГУ уже долгие годы готовит своих выпускников, находит свое подтверждение в масштабных потребностях Объединения [5].

Целевая дополнительная подготовка студентов ведется в соответствии с разработанными образовательными модулями, содержание которых после внутренней экспертизы утверждается ректором университета и генеральным директором предприятия. Заявка на участие в конкурсе от вуза подается одна, но может содержать несколько проектов (образовательных модулей), ориентированных на разные уровни и направления подготовки и, соответственно, содержать различные дисциплины и получаемые компетенции. Следует отметить, что подобный модульный подход организаторов конкурса оказался весьма продуманным: эксперты минобрнауки могут отклонить один или несколько образовательных модулей, однако поддержать общую заявку от вуза.

В АКИ ОГУ проекты образовательных модулей ориентируются, в первую очередь, на углубленное использование в учебном процессе всех направлений подготовки имеющегося новейшего лабораторного оборудования и поступающего лицензионного программного обеспечения. Например, образовательный модуль для направления бакалавриата «Автоматизация технологических процессов и производств» предусматривается целевое обучение по четырем дисциплинам: «Инженерное творчество в робототехнике»; «Разработка инженерных приложений для предприятий ОПК»; «Технологии и оборудование быстрого прототипирования и аддитивные технологии»; «Автоматизация подготовки производства с использованием решений «СПРУТ-Технология».

Проведение занятий по дисциплине «Инженерное творчество в робототехнике» осуществляется в новой лаборатории робототехники, оснащенной настольными конструкторами Лего и специальными робототехническими комплексами по стандартам WorldSkillsRussia. Конструкторы представляют собой комплекты элементов конструкций, подвижных сочленений, приводов, датчиков и программируемых микроконтроллеров, что позволяет студентам создавать действующие модели

оригинальных устройств. Так, на открытии апрельской 2018 года студенческой научной конференции ОГУ студенты АКИ представили результаты сразу девяти своих разработок (рисунок): «умный» дом; манипулятор; роботизированная рука; модель промышленного робокара на основе Raspberry Pi; робот-паук с дистанционным управлением; модель ультразвукового пространственного радара; телемеханика, телеметрия и телевидение в трехмерной печати; действующая модель автоматизированной кран-балки как основы перемещения рабочего органа в пространственной декартовой системы координат; модель установки контроля геометрии бурильных труб.

Дисциплина «Автоматизация подготовки производства с использованием решений «СПРУТ-Технология» связана с началом внедрения в АО «ПО «Стрела» программного комплекса СПРУТ, лицензионные учебные версии которого сразу же были переданы на кафедры Аэрокосмического института.

Рисунок - Выставка работ студентов АКИ (справа – ректор университета Ж.А. Ермакова)

Проведение занятий по дисциплинам целевой подготовки студентов предусматривает разработку преподавателями рабочих программ, конспектов лекций, постановку циклов новых лабораторных работ и практических занятий, подготовку учебно-методических пособий, а также их регистрацию и оформление в электронном или издание в типографском виде. Судя по официальным отчетам, за 2017 год в рамках конкурсов ОПК-2016 и ОПК-2017 преподавателями АКИ разработаны и официально зарегистрированы 51 учебно-методическая разработка, среди которых 18 учебных пособий, 16 методических указаний и рекомендаций, 11 электронных курсов лекций. По

согласованию с кураторами конкурсов получено разрешение использовать средства субсидий на типографское издание разработанных пособий.

В ОГУ действуют аспирантура и диссертационные советы, через которые ведется подготовка научно-педагогических кадров практически по всем научным специальностям АКИ: 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»; 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»; 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки); 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (машиностроение)»; 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» (машиностроение и металлообработка).

Собственная подготовка кадров высшей квалификации способствует обновлению и повышению потенциала сотрудников. Так, кафедра систем автоматизации производства АКИ практически полностью укомплектована молодыми кандидатами и доктором технических наук. Половина кандидатов наук кафедры летательных аппаратов также подготовили и защитили диссертации в ОГУ.

Растущая потребность в инженерных кадрах и обеспечиваемый уровень качества подготовки молодых специалистов привлекает внимание к АКИ ОГУ предприятия и из других регионов. Например, АО «ГосМКБ «Радуга», г. Дубна, специализирующееся на разработке и производстве крылатых ракет различного назначения, ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры», г. Байконур, космодром «Восточный», ФГУП "Приборостроительный завод" госкорпорации "Росатом", г. Трехгорный, и другие.

Можно сделать вывод, что решение проблемы подготовки кадров молодых специалистов для высокотехнологичных отраслей экономики на государственном уровне осуществляется последовательно и эффективно. Конкретным подтверждением данного факта служит опыт Аэрокосмического института ОГУ по развитию системы целевой подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса [6].

Список литературы

1. Сердюк, А.И. Аэрокосмический институт ОГУ как учебно-научный центр/ А.И. Сердюк, А.Н. Поляков, А.Б. Радыгин// Высшее образование в России. 2014. № 7. С. 115-122.

2. Ковалевский, В.П. Материальная база Аэрокосмического института ОГУ: на пути к технологиям нового уклада/ В.П. Ковалевский, А.И. Сердюк// «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – С. 307 – 311.

3. АО «ПО «Стрела»: официальный сайт URL: https://www.pa-strela.com/index.php/about/istoriya

4. Презентация Аэрокосмического института ОГУ - 2018 URL: http://www.osu.ru/doc/2303/movie/618

5. Маркман, А.М. Реализация в ОГУ целевой подготовки молодых специалистов в интересах предприятий ОПК/ А.М. Маркман, А.Д. Горбачев, А.И. Сердюк// В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 560-564.

6. Сердюк А.И. Опыт целевой подготовки кадров для ОПК/ Сердюк А.И., Белоновская И.Д., Радыгин А.Б.// Высшее образование в России. 2018. № 10. С. 125-135.

АСПЕКТЫ В РАСЧЕТЕ ДВИЖЕНИЯ СВЕРХЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Снегирева И.В., Зинзер А.Е., Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

В настоящее время большое внимание уделяется перспективе использования сверхлегких летательных аппаратов в гражданских областях и производстве, что обусловлено:

- сравнительно невысокой стоимостью,
- низкими эксплуатационными затратами,
-хорошими взлетно-посадочными характеристиками, высокой мобильностью, технологичностью, ремонтопригодностью,
- высоким уровнем безопасности и возможностью выполнять воздушные работы, которые обычно убыточны или нерентабельны при применении других типов летательных аппаратов.

При использовании СЛА ставятся и решаются следующие технико-экономические задачи.

- Задачи оптимизации технических критериев полёта: снижения расхода топлива, оптимизации времени полёта, максимальной дальности, максимальной продолжительности полёта, и др.
- Задачи оптимизации экономических критериев, обеспечивающих рост общей экономической эффективности (снижение эксплуатационных расходов и себестоимости летного часа).
- Задачи управления полётом летательного аппарата с целью обеспечения нормального и безопасного режима полета в соответствии с требуемой производственной функцией.
- Задачи обеспечения надежности и безопасности. Ввиду особого характера деятельности авиации, требования к надежности и безопасности полета являются первостепенными.

В связи с указанными задачами возникает необходимость в планировании маршрута полета и формировании траектории сверхлегкого летательного аппарата при выполнении пространственного маневра.

Планирование маршрута полета и формирование траектории сверхлегкого летательного аппарата при выполнении пространственного маневра пригодно для оптимизации маневров СЛА с целью повышения общей эффективности выполнения воздушных работ. Типичными маневрами (прямолинейного и криволинейного) движения являются:

– набор высоты СЛА;
- развороты.

Летно-технические данные СЛА определяют диапазоном скоростей, высот полета, дальностью, продолжительностью, скороподъемностью, потолком и т.д. Большинство из них связано с наиболее простым видом движения – прямолинейным (горизонтальным или наклонным) полетом.

На СЛА действуют три силы: полная аэродинамическая сила *R*, сила тяги двигателя *P* и сила тяжести *G*. Вместо полной аэродинамической силы часто рассматривают ее проекции на оси скоростной системы координат: подъемную силу *Y* и лобовое сопротивление *X*.

Для обеспечения прямолинейного горизонтального полета на постоянной высоте подъемная сила должна уравновешивать силу тяжести *Y*=*G*, а чтобы полет был установившимся – составляющая тяги должна уравновешивать лобовое сопротивление *P*=*X* (рисунок 1).

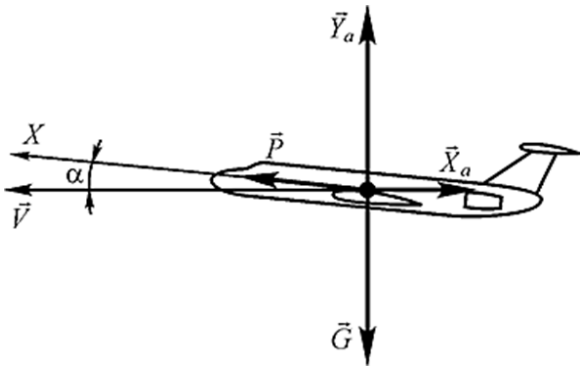


Рисунок 1 – Схема действующих сил на сверхлегкий летательный аппарат в полете

Если тяга окажется больше лобового сопротивления, то полет будет происходить с разгоном (увеличением скорости), а если тяга меньше лобового сопротивления, то СЛА будет уменьшать скорость (тормозить).

Таким образом, изменение скорости полета зависит только от соотношения двух сил: тяги двигателя и лобового сопротивления, а действующие на СЛА силы зависят от скорости и высоты полета, поэтому для выполнения приведенных выше условий летчик должен определенным образом изменять угол атаки *Cy*(коэффициент подъемной силы) и тягу двигателя, действуя ручкой управления и сектором газа. Зависимость *Cy* (*V*) находится из условия

$$Y = G = Cy\frac{pV^2}{2}S. \qquad (1)$$

Отсюда

$$Cy = \frac{2G/S}{pV^2}, \qquad (2)$$

где *V* – скорость в м/с, *G* – вес сверхлегкого летательного аппарата, *S* – площадь крыла, *p* – массовая плотность.

В формуле (2) коэффициент подъемной силы выражается через истинную воздушную скорость *V*в м/с, которая используется летчиком в целях вождения СЛА [1, 2].

Наиболее распространенным методом измерения воздушной скорости полета является аэродинамический, основанный на замере давления встречного потока воздуха - скоростного напора. Величина скоростного напора определяется скоростью движения тела и плотностью воздуха:

$$q = \frac{pV^2}{2}, \qquad (3)$$

где q – скоростной напор, p – массовая плотность воздуха, V – воздушная скорость.

Отсюда воздушная скорость

$$V = \sqrt{\frac{2q}{p}}. \qquad (4)$$

Прямолинейный наклонный полет отличается от горизонтального тем, что угол наклона траектории равен не нулю, а некоторому постоянному значению. К действующим силам добавляется составляющая силы тяжести G, которая при наборе высоты направлена назад (в сторону лобового сопротивления), что приводит к снижению скорости СЛА, а при снижении – вперед, при необходимости разогнать СЛА. В данном режиме учитывается изменение полной массы СЛА в полете и сложный характер зависимости удельного расхода топлива силовой установки от режима полета.

Планированием динамики полёта является определение траектории и управлений, обеспечивающих перевод сверхлегкого летательного аппарата из заданной начальной точки в заданную конечную точку (дальность полета) в пространстве с учетом характеристик аппарата [3]. Различают техническую (максимальное расстояние полета в стандартных атмосферных условиях) и практическую дальность полета (отклонения действительных характеристик расхода топлива, допуски на регулировку двигателя и не вырабатываемое количество топлива).

Дальность полета СЛА складывается из горизонтальных участков набора высоты ($L_{наб.в.}$), горизонтального полета по маршруту ($L_{г.п.}$) и слижения ($L_{сн.}$) (рисунок 2). С дальностью также определяют практическую продолжительность полета (Т-время от момента взлета до полной остановки после пробега).

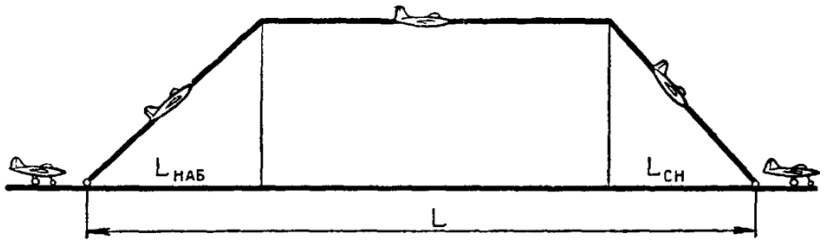


Рисунок 2 – Траектория сверхлегкого летательного аппарата на дальность

В отличии от прямолинейного движения СЛА в криволинейном движении СЛА действует внешняя неуравновешенная (центростремительная) сила. Она вызывает искривление траектории полета в сторону своего действия.

В данной траектории полета СЛА действуют сила тяжести G, сила тяги винта P и полная аэродинамическая сила R. Особенностью действия силы тяжести является то, что она может искривлять траекторию движения, не нагружая конструкцию. Если при этом силы P и R взаимно уравновешены (равны и противоположно направлены), то движение аналогично полету в условиях невесомости. Пилот не ощущает реакции СЛА [4].

Из выше сказанного следует, что основными критериями эффективности выполнения маневров и изучения динамики полета сверхлегких летательных аппаратов являются:

- безопасность;
- экономичность выполнения полетов;
-снижение общей себестоимости воздушных работ;
- быстродействие;
- минимизация времени полёта и расхода топлива.

Список литературы

1. Азарьев, И. А. Практическая аэродинамика дельтаплана: Справочник / И. А. Азарьев, Д. С. Горшенин, В. И. Силков – Москва: Машиностроение, 1992. – 288 с.

2. Осташов, В. Г. Дельтапланеризм / В. Г. Осташов – Новосибирск: Наука, 1983. – 512 с.

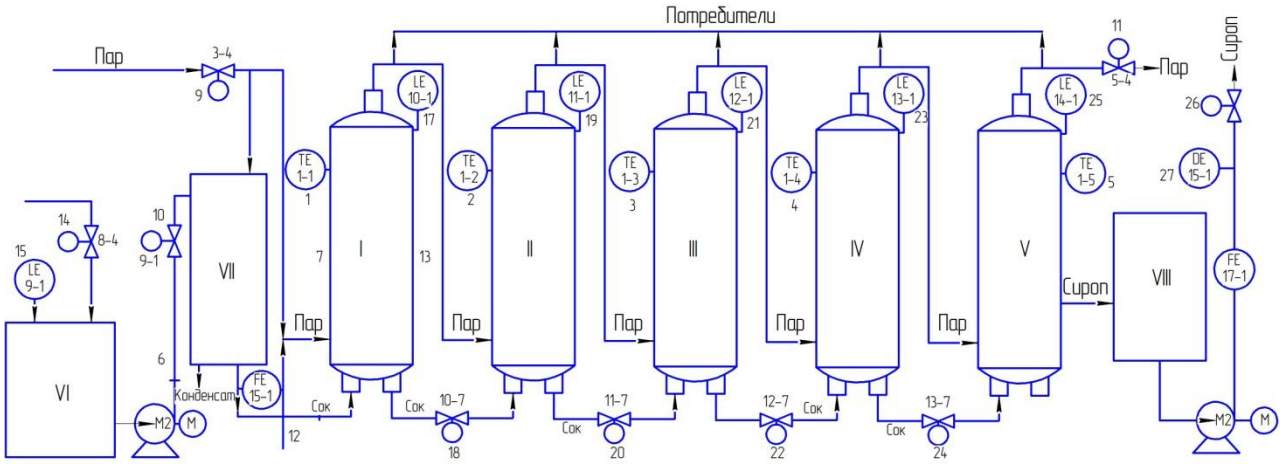
3. Свищев, Г. П. Авиация: Энциклопедия / Г. П. Свищев – Москва: «Большая Российская Энциклопедия» - ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского, 1994. -736 с.

4. Остославский, И. В. Динамика полета (траектории летательных аппаратов) / И. В. Остославский, И. В. Стражева. – М. : Машиностроение, 1969. – 499 с.

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА НА БАЗЕ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ

Солдатов Н.Е., Коробейникова Д.Е.,
Марусич К.В. канд. техн. наук, доцент.
Оренбургский государственный университет

На отечественных свеклосахарных заводах в основном используются четырёхкорпусные выпарные установки с концентратором, в которых под давлением работают первые три корпуса (*I* - *III* корпус), а последние два под разряжением (*IV* и *V* корпус) [1, 2]. Сама выпарная установка по значению выполняемых функций, сложности и стоимости занимает центральное место в тепловой схеме (рисунок 1).



VI - сборник сока перед выпаркой; *VII* - подогреватель сока перед выпарной станцией; *I* - первый корпус; *II* - второй корпус; *III* - третий корпус; *IV* - четвертый корпус; *V* - пятый корпус (концентратор выпарной станции); *VIII* - сборник сиропа после выпарной станции.

Рисунок 1 - Схема выпарной установки

Для обеспечения бесперебойной работы выпарной установки необходимо обязательно регулировать расход конденсата, пара и исходного раствора. Так же в процессе её эксплуатации контролируются следующие показания: температура пара, подогретого и упаренного раствора, вторичного пара; концентрация исходного и упаренного раствора.

На базовых вариантах выпарных установок процесс контроля осуществлялся с помощью контрольно-измерительных приборов, которые выдавали сигналы о контролируемых параметрах в форме удобной для восприятия непосредственно обслуживающему персоналу. Такие приборы включают в себя три основных элемента: первичный (чувствительный) измерительный преобразователь, каналы передачи полученной информации и вторичный преобразователь. На самом объекте контроля устанавливается чувствительный преобразователь, который преобразует контролируемую

величину в сигнал в удобный для дальнейшей его передачи по каналам связи. Канал передачи информации необходим для передачи информации от первичного к вторичному преобразователю. Вторичный преобразователь служит для преобразования сигнала полученного от первичного преобразователя в вид удобный для дальнейшего его использования (показания на приборе). В таблице 1 представлены основные параметры и их номинальные значения, которые необходимо контролировать и регулировать на выпарной установке [3].

Таблица 1 - Значения технологических параметров выпарной установки

Место нахождения	Измеряемый параметр	Единицы измерения	Номинальные значения	Контроль	Регулирование
Трубопровод исходного раствора	расход	м3/ч	215	+	+
Трубопровод исходного и продуктового раствора	расход	м3/ч	40,5	+	+
	плотность	г/см3	1,3	+	+
Теплоноситель	давление	мПа	0,32	+	-
	расход	кг/с	5 - 10	+	+
	температура	°С	136	+	-
Выпарной аппарат	уровень	%	80	+	+
	давление	мПа	0,5	+	-
I корпус	температура	°С	136	+	+
II корпус	температура	°С	127	+	+
III корпус	температура	°С	119	+	+
IV корпус	температура	°С	110	+	+
V корпус	температура	°С	99	+	+
Трубопровод отвода паров растворителя	давление	мПа	0,5	+	-
	температура	°С	100 - 140	+	-
Сборник	уровень	м	80	+	+

Автоматизация производственного участка на базе вакуум-выпарной установки повысит эффективность её работы и позволит более рационально использовать пар и снижать количество выпаренной воды в концентраторе [4]. Объектом управления в таких системах является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулирующими органами.

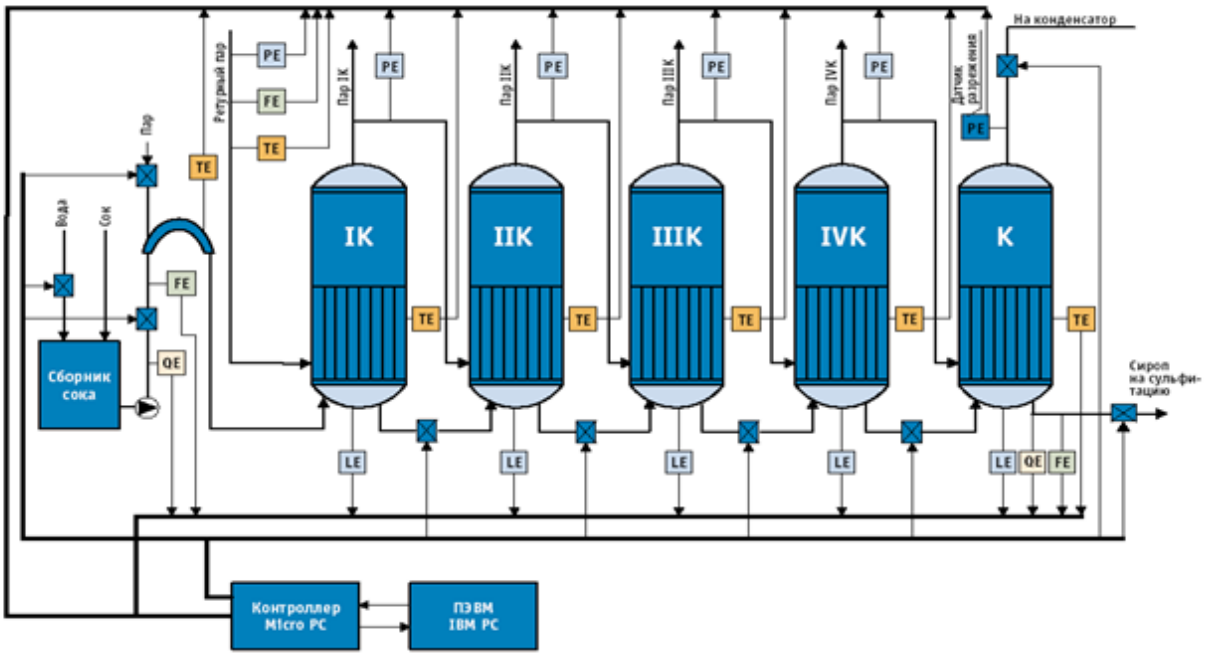
Исходя из технологических параметров, которые необходимо регулировать и контролировать, был выполнен выбор технических средств для автоматизации выпарной установки, результаты представлены в таблице 2.

С учётом этого выбора была разработана структурная схема системы автоматизации производственного участка на базе вакуум-выпарной установки. На рисунке 2 представлена структурная схема автоматизации выпарной станции. Основными преимуществами данной схемы будут являться:

- повышение пропускной способности (производительности);
- улучшение качества продукции;
- повышение надежности процессов;
- снижение прямых затрат на человеческий труд и расходов.

Таблица 2 - Характеристики технических средств для автоматизации

№ поз.	Параметр	Прибор	Тип прибора	Границы измерения	Технические характеристики	Кол-во
1	давление	датчик давления	САПФИР-22М-ДА-2050	0-0,8 МПа	выходной сигнал: 0-5, 0-20, 4-20 мА допустимая погрешность: 0,2%	1
2	температура	многоканальный регистратор	Метран-900 с блоком коммутации К1204	-	входной сигнал: 0-5, 0-20, 4-20 мА количество входов: 12 питание: 220В, 50 Гц	1
3	температура					
4	температура					
5	температура					
6	температура					
7	давление					
8	давление					
9	давление					
10	давление					
11	давление					
12	давление					
13	давление					
14	давление					
15	уровень					
16	уровень					
17	уровень					
18	уровень					
19	уровень					
20	уровень					
21	уровень					
22	уровень					
23	уровень					
24	уровень					
25	уровень					
15-1	расход	расходомер	8800 С	0,15-3,6 кг/с	Выходной сигнал: 0-5, 4-20 мА относительная погрешность:1,4% диапазон температур измеряемой среды: -40-232 ˚С. Избыточное давление среды: до 3,5 МПа	2
16-1	плотность	датчик плотности	ДПЛ-3	0,3 - 3	Диапазон рабочих температур, °С -40 ... +50	1
17-1	расход	расходомер	8800С	0,15-3,6 кг/с	Выходной сигнал: 0-5, 4-20 мА относительная погрешность:1,4% диапазон температур измеряемой среды: -40-232 ˚С. Избыточное давление среды: до 3,5 МПа	2



PE - датчик давления; *FE* - расходомер; *TE* - датчик температуры; *QE* - рефрактометр; *LE* - датчик уровня.

Рисунок 2 - Структурная схема автоматизации выпарной станции

В заключении следует отметить, что в настоящее время в рамках магистерской диссертации ведётся разработка рекомендаций по автоматизации четырёхкорпусной выпарной установки. На данный момент выбраны основные технические средства для автоматизации и разработана структурная схема.

Список литературы

1 Кязимов, К.Г. Основы газового хозяйства: учебн. для проф. учебн. завед. / К.Г. Кязимов, В.Е. Гусев. - М.: Академия, 2000. - 462 с.

2 Тарасюк, В.М. Эксплуатация котлов. – Киев: Основа, 1999. - 282 с.

3 Справочник по технологическому оборудованию сахарных заводов / В.Г. Белик, С.А. Зозуля, Б.Н. Жарик и др. под ред. В.Г. Белика. - Киев : Техніка, 1982. - 304 с.

4 Солдатов, Н. Е. Модернизация производственного участка на базе вакуумно-выпарной установки [Электронный ресурс] / Н. Е. Солдатов, Д. Е. Солдатова, К. В. Марусич, Ю. К. Марусич // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 836-839.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Степанникова Ю.В.
Оренбургский государственный университет

Актуальность работы. Проектирование станочных приспособлений и задание точностных параметров его элементов выполняется по схеме проектирования конструкции обычного изделия. Это объясняется недостаточной разработанностью методик точностного расчета станочных приспособлений и их программных реализаций. В соответствии с этим заявленная задача является актуальной.

Анализ применения приспособлений. Приспособления применяют на конкретной технологической операции для решения определенных задач. Содержание задачи зависит от содержания и структуры технологической операции, для которой проектируется приспособление, условий и типа производства, технологического оборудования на котором будет эксплуатироваться приспособление, от организационно-экономических и технических ограничений и др. Причем обычно использование станочных приспособлений должно решать сразу несколько технологических задач. Исходя из этих предпосылок, можно выделить следующие основные технологические задачи, решаемые с помощью приспособлений в механосборочном производстве.

1. Повышение точности обработки.
2. Повышение производительности обработки и снижение технологической себестоимости изготовления (сборки, контроля) изделия.
3. Расширение технологических возможностей оборудования.
4. Автоматизация производственного процесса.

Кратко рассмотрим сущность этих задач.

Конструкции изделий всё время усложняются, растут требования к точности формы и размеров поверхностей и их взаимного расположения, к шероховатости. Соответственно, обеспечение точностных параметров без применения специальной оснастки усложняется.

Трудоемкость (производительность) технологического процесса в равной мере зависит как от производительности оборудования, так и от конструкции приспособления. Повысить производительность труда – это, значит, сократить норму штучного времени на операцию.

Специальные приспособления, расширяют технологические возможности оборудования. С помощью такого приспособления на станке выполняют работу, для осуществления которой необходим станок совершенно иного типа. Например, с помощью специальных приспособлений обработку шлифованием, протягиванием и фрезерованием можно производить на токарном станке, растачивание и долбление – на фрезерном, обработку точных отверстий - на сверлильных станках и др.

Станочные приспособления делятся на группы в соответствии с различными классификационными признаками (рисунок 1).

Рисунок 1 – Классификация станочных приспособлений

Конструкции станочных приспособлений состоят из множества деталей, точность размеров и относительного положения которых влияют на точность обрабатываемых в них деталей. Примеры конструкций приспособлений приведены на рисунках 2 и 3 соответственно.

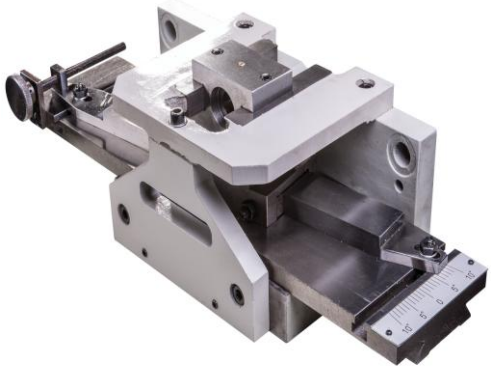


Рис.2

Рис.3

Универсальное и специальное станочное приспособление.

Существующие методики расчета точности приспособления решают чаще всего проверочную задачу, т.е. сравнивают суммарное влияние различных технологических факторов на величину погрешности приспособления в целом.

Целью работы является разработка методики и алгоритм автоматизации точностного расчета станочных приспособлений,

позволяющей решить проектную задачу. То есть, перейти от погрешности приспособления к допускам и техническим требованиям на элементы приспособлений.

При выполнении исследований и реализации поставленных задач будут использованы научные положения основ технологии машиностроения.

Результатом выполнения работы будет являться решение актуальной научной задачи - раскрытие конструкторско-технологических связей, определивших точностные характеристики элементов станочных приспособлений.

Список литературы

1.Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие/ И.Н.Аверьянов, А.Н.Болотеин, М.А.Прокофьев; - Рыбинск: РГАТА, 2010. - 220с.ил.

2.http://jet-volga.ru/netcat_files/multifile/28/ZH-TAA_48.png

3.http://www.inpo.ru/shop/I:47724/PREVIEW:0.jpg

4.https://studref.com/htm/img/39/6390/177.png

НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Султанов Н.З. д-р техн. наук, профессор
Оренбургский государственный университет

Кафедра систем автоматизации производства Аэрокосмического института ОГУ ведёт образовательную деятельность по следующим направлениям:

Направления подготовки бакалавров:

- 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (бакалавриат)ФГОС ВО;
- 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (бакалавриат)ФГОС ВО.

Направления подготовки магистров:

- 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (магистратура)ФГОС ВО;
- 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (магистратура)ФГОС ВО.

Подготовка кадров высшей квалификации:

- 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (аспирантура)ФГОС ВО

Кафедра «Системы автоматизации производства» (ранее — «Автоматика и автоматизированное производство») создана 17.06.1984 г.

Кафедра объединила преподавателей, ведущих курсы теории автоматического управления и автоматизации производства на всех факультетах нашего университета. Первые преподаватели и сотрудники кафедры: профессор Абдрашитов Р.Т., доценты Жежера Н.И., Евсюков В.Н., Владов Ю.Р., Тюков Н.И., Кацман В.Е., ст. преподаватель Чарный Д.И., инженер Плошкина Л.Ф., учебный мастер Юршев В.И., лаборанты Туманова З.Р., Чернышев А.А.

Организатором и первым заведующим кафедрой был д-р техн. наук Р.Т. Абдрашитов. В дальнейшем кафедру возглавляли: канд. техн. наук, доц. Евсюков В.Н. (1984–1985), д-р техн. наук, проф. Тюков Н.И. (1985–1988), д-р техн. наук, проф. Абдрашитов Р.Т. (1988–1997), канд. техн. наук, доц. Пищухин А.М. (1997–1998), д-р техн. наук, проф. Сердюк А.И. (1998–2004). С 2004 года заведующим кафедрой является д-р техн. наук, проф. Султанов Н.З.

В 1984 году были организованы лаборатории «Автоматика», «Элементы и системы ГПА», «ТАУ», «Микропроцессорная техника», «Автоматизация пищевого производства».

В 1985 году создан филиал на заводе «Радиатор» с лекционным залом и лабораториями «Проектирование АТК», «Автоматизация производственных процессов», «Робототехника». После открытия филиала на ПО «Стрела» оборудование было передано на этот завод.

В 1994 году на базе ПО «Стрела» организован филиал кафедры с учебными лабораториями: «Электроника, схемотехника и диагностика», «Электротехнические системы», «Робототехника», «Гидропневмоавтоматика». Занятия ведут профессор Жежера Н.И., доценты Денисов В.В., Черноусова А.М., Евсюков В.Н., ст. преподаватель Коротченко Ю.И. В 1999 году на кафедре создана лаборатория «Роботизированный технологический комплекс».

С 1987 года кафедра стала выпускающей по специальности 220301.65 «Автоматизация технологических процессов и производств».

В 1998 году за кафедрой закреплен выпуск инженеров еще по одной специальности — 230104.65 «Системы автоматизированного проектирования».

По данным специальностям вплоть до 2014 года велась подготовка по очной, очно-заочной, заочной формам обучения, по полной и сокращенной программам обучения.

С 2004 года значительно обновлен парк компьютеров.

По итогам интернет-голосования на региональном портале образовательного сообщества Оренбуржья зав. кафедрой проф. Н.З. Султанов вошел в число номинантов и получил диплом конкурса «Персона года» в 2009 году.

В 2010 году тысячным выпускником кафедры стал студент заочной формы обучения Александр Головань.

В 2010 году произведен первый набор в магистратуру по направлениям: 230100 «Информатика и вычислительная техника» и 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств».

С 2012 года после введения рейтинговой системы образовательной и научной деятельности в ОГУ кафедра САП входит в десятку лучших кафедр ОГУ:

2012 год – 8 место, 2013 год – 5 место, 2014 год -10 место, 2015 год – 3 место, 2016 год – 14 место, 2017 год – 3 место, 2018 год – 8 место.

В настоящее время кафедра имеет в составе 9 учебных лабораторий и 7 аудиторий, организовано 3 компьютерных и компьютеризированных класса и центр компьютерной технологии, объединенные локальной сетью с выходом в Интернет, с использованием современных программных средств T-FLEX, AutoCAD, Inventor, КОМПАС-3D, SprutCAM, Esprit, САПР ТП Вертикаль, Спрут ТП, Лоцман–PLM, Proteus, ABB RobotStudio, Atmel Studio, LEGO MINDSTORMS NXT Software, CoDeSys, TRACE MODE, MS Visual Studio, и т. п. В учебном процессе используются автоматизированные средства обучения в виде контрольно-обучающих программ, электронных учебников и практикумов.

С 2014 года на кафедре разработана концепция в использовании робототехники «От игровых моделей до промышленного использования».

В 2015 г. коллектив кафедры под руководством профессора А.И. Сердюка выиграл областной грант № 36 от 30 июня 2015 г. на тему «Разработка методологии технического перевооружения предприятий

машиностроительного комплекса Оренбуржья на основе производственных систем нового поколения».

В 2015 году кафедра САП заняла 3-е место в рейтинге образовательной и научной деятельности.

В составе оргкомитета зав. кафедрой проф. Н.З. Султанов участвовал в организации панельной сессии «Информационно-просветительский проект „Наука" в евразийском пространстве: космос» Международного форума «Оренбуржье — сердце Евразии» в ноябре 2016 года.

В 2016 году 3 аспиранта кафедры САП вошли в число победителей конкурса на соискание премий губернатора Оренбургской области для талантливой молодежи: Олег Ильин, Дмитрий Кондусов и Андрей Семыкин.

В 2017 году в рамках выполнения проекта по развитию систем подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса по государственному заданию «Новые кадры ОПК — 2015» практически весь преподавательский состав кафедры систем автоматизации производства прошел программу повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

В апреле 2017 г. на VI Конгрессе молодых ученых в Санкт-Петербурге доклад аспиранта кафедры Андрея Семыкина награжден дипломом победителя конкурса «Лучший доклад на секции».

Летом 2017 года два студента кафедры САП — Никита Долгов и Александр Пензин прошли практику за Северным полярным кругом в компании ООО «Газэнергоавтоматика», предоставившей рабочие места на реконструируемом газовом промысле месторождения «Медвежье» (разработку ведет ООО «Газпром добыча Надым»).

Студент кафедры Евгений Бабешко стал участником XIX Всемирного фестиваля молодежи и студентов, проходившего в Сочи с 14 по 22 октября 2017 года.

На кафедре два основных научных направления (научные школы):

4.5. Перспективные технологии поддержки жизненного цикла объектов автоматизации и управления

Основатель и руководитель научного направления — доктор технических наук, профессор директор Аэрокосмического института (АКИ) Сердюк Анатолий Иванович.

Основные области исследований:

- разработка методологии создания высокоавтоматизированных производственных систем нового поколения с заданными свойствами;
- разработка и исследование научных основ создания автоматизированных систем и разработка проектной, конструкторской, технологической и иной документации на изготовление, испытание и эксплуатацию технических объектов и технологий.

4.6 Интеллектуальные технологии и автоматизация в производственно-технических, транспортных и социально-экономических системах

Основатель научного направления — Абрашитов Рамзес Талгатович (1940–2009), доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Руководитель научного направления — Султанов Наиль Закиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматизации производства (САП), профессор кафедры летательных аппаратов (ЛА).

Основные области исследований:

Под научным руководством доктора технических наук, профессора Султанова Н.З.:

- разработка методологических основ оптимизации управления бизнес-процессами авиационных предприятий на базе автоматизированных систем;
- выбор рациональной структуры парка самолетов общего назначения на основе построения параметрического ряда;
- разработка и конструирование облика летательного аппарата нового поколения;
- разработка методик расчета и проектирования летательных аппаратов;
- разработка методик оценки надежности и прочности конструкций авиационной и ракетной техники с использованием современных компьютерных технологий;
- автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности;
- автоматизация проектирования инновационного технологического процесса сварки алюминиевого сплава;
- автоматизированная система прогнозирования затопления техногенно опасных объектов промышленного назначения.

Под научным руководством доктора технических наук, профессора Султанова Н.З. и доктора технических наук, профессора Жежеры Н.И.:

- автоматизация контроля герметичности кабины вертолёта и его гидравлических систем.

Под научным руководством доктора технических наук, профессора Султанова Н.З. и доктора философии, кандидата технических наук, ассоциированного профессора Даева Ж.А. (докторант кафедры САП):

- методология и формализованные подходы автоматизации процессов контроля и измерения расхода и количества природного газа.

Под научным руководством доктора технических наук, профессора Султанова Н.З. и кандидата технических наук, доцента Алтынбаева Р.Б.:

- разработка автоматизированной системы контроля концентрации загрязнений воздушного бассейна промышленного города на основе спутниковых технологий;
- разработка автоматизированной системы прогнозирования уровня воды весеннего половодья на основе геоинформационных технологий;
- разработка автоматизированной системы управления авиационно-химическими работами с применением спутниковых информационных технологий.

По направлению 4.6 только за последние годы опубликовано более 85 статей в рецензируемых научных журналах, более 18 монографий и учебных пособий, 13 патентов и 34 свидетельств о регистрации программ. Основные области исследования регулярно апробируются в публикациях [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Сотрудники кафедры являются авторами более 700 научных и научно-методических работ, напечатанных в отечественных и зарубежных изданиях. Ими получено более 90 патентов и авторских свидетельств на изобретения и разработки программных средств.

В 1992 году при кафедре открыто обучение в аспирантуре по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». В 2000 году открыта аспирантура по специальности 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования». Аспирантуру по кафедре закончили более 30 аспирантов.

В 1995 году был организован диссертационный совет по защите кандидатских диссертаций по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», в 2000 году переформированный в докторский совет.

В 2012 году был создан диссертационный совет по специальности 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (машиностроение)».

Преподаватели кафедры защитили 8 докторских (Н.И. Тюков, В. Е. Кацман, Т. Д. Дегтярёва, А. М. Пищухин, М. С. Солодкая, Н. И. Жежера, Ю. Р. Владов, А. И. Сергеев) и 22 кандидатские диссертации (В.В. Денисов, А. М. Черноусова, С.С. Мангутов, В. В. Тугов, В. Н. Шерстобитова, Е. С. Куленко, Д. А. Проскурин, А. Г. Кравцов, М. А. Корнипаев, Д.Р. Абубакиров, А. И. Сергеев, К. Ю. Дибихин, Л.В. Галина, А.А. Корнипаева, А.П. Зеленин, С. А. Тямкин, Р. Б. Алтынбаев, Н. В. Вагапова, М. В. Овечкин, А.С. Русяев, С.Ю. Шамаев, А.О. Казаков).

Учебный процесс направлен на целевую подготовку специалистов под нужды конкретных предприятий региона. Необходимая специализация выпускников обеспечивается в рамках договоров о творческом сотрудничестве с такими предприятиями, как ООО «Оренбургский радиатор», АО «ПО «Стрела», «Металлист», гелиевый завод, ОАО «Оренбурггазпром», ОАО «Завод бурового оборудования», ООО «Газпромавтоматика» и другими. Практически все выпускники кафедры трудоустроены. Диапазон применения выпускников чрезвычайно широк — от ПО «Стрела» до УВД, ГИБДД и областного телевидения.

С 2017 года кафедра САП ведет подготовку по направлению магистратуры 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», магистерская программа «Системы автоматизации проектирования в машиностроении», руководитель д-р техн. наук А.И. Сергеев.

В лаборатории робототехники и технического творчества (ауд. 20415) используется набор конструкторов LEGO Mindstorms EV3, включающий комплект конструктора для создания программируемых роботов:

микроконтроллерные блоки управления, датчики, исполнительные механизмы и другие элементы для проведения кружка по робототехнике для школьников. Руководитель канд. техн. наук ст. преподаватель С.Ю. Шамаев.

В 2018 году кафедрой заключены договора о сотрудничестве и о базах практик с Центром эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры, филиалом ФГУП «ЦЭНКИ» — КЦ «Южный» (г. Байконур) и научно-исследовательским испытательным центром подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (г. Королёв), куда студентов кафедры приглашают на все виды практик и на работу.

Темпы развития кафедры, обеспечиваемые коллективом при поддержке руководства университета, позволяют уверенно и с оптимизмом смотреть в будущее.

Список литературы

1. Любимов И.И. Модель автотранспортной сети региона (на примере Оренбургской области) / И.И. Любимов, Н.З. Султанов, И.Т. Ковриков //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011, № 10 (129). – С. 32-37.

2. Портников Б.А.Тенденции развития и технико-экономический анализ состояния качества воздушного транспорта / Б.А. Портников, Н.З. Султанов // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Сб. докл. шестой Росс. научн-техн. конф. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – С. 177-181.

3. Аржанникова И.Е. Исследование возможности применения перспективной технологии автоматической сварки плавящимся электродом авиационной техники / И.Е. Аржанникова, Н.З. Султанов // Универ. комплекс как регион. центр образ. науки и культуры [электр. ресурс]: матер. Всеросс.научно-метод. конф. (с междунар. участием); Оренб. гос. университет. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 99,5 Мб. ISBN 978-5-7410-1180-5.

4. Ковриков И.Т. Оптимизации структуры подвижного состава городского пассажирского транспорта / И.Т. ковриков, И.И., Любимов, Н.З. Султанов, А.П. Фот // В научном журнале «Вестник Иркутского государственного техн. Университета». – выпуск 1 (41), 2010. – С. 206-210.

5. Аржанникова И.Е. Автоматизированная сварка плавящимся электродом с процессом холодного переноса капель в стыковых соединениях конструкций алюминиевых сплавов / И.Е. Аржанникова, Н.З. Султанов // В акад. журнале «Интеллект. Инновации. Инвестиции». – № 3, 2016. – С. 145-15.

6. Аржанникова И.Е. Метод холодного переноса технологии сварки плавящимся электродом стыковых соединений алюминиевых сплавов элементов авиационного кластера / И.Е. Аржанникова, Н.З. Султанов // Сб. матер. Междунар. науч. конф. «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации», посв. 60-летию Оренб. гос. универ. – Оренбург: ООО ИПК «Университет». – 2015. – С. 4-9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Валитов Д.М.
Оренбургский государственный университет

В ряде случаев изготовление деталей целиком из износостойкого материала нерационально в связи с трудностью обработки и высокой стоимостью этого материала. Поэтому для повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют различные способы поверхностного упрочнения, в частности, износостойкие покрытия, нашедшие широкое применение в производстве разнообразных изделий. Однако для того чтобы покрытие обеспечивало существенное повышение износостойкости, необходим обоснованный выбор материала для каждого конкретного случая (пары трения), а это требует проведения исследований пар трения в широком интервале скоростей, нагрузок и температур.

В настоящее время в промышленности остро стоит проблема создания многофункциональных износостойких покрытий для тяжелонагруженных пар трения, работающих в условиях высоких линейных скоростей и приложенных давлений, при недостаточном количестве смазки или при полном ее отсутствии [1]. В данных условиях степень окисления имеет большое значение в поведении трения и износа: оксидный слой должен быть однородным, тонким и иметь хорошую адгезию, чтобы быть эффективным против износа.

Термодинамическое моделирование процессов, происходящих при взаимодействии с металлами многокомпонентных атмосфер, позволяет определить направление химических реакций в зависимости от парциального давления газовых компонентов. Модель фазового состава диффузионного слоя сталей, азотированных в смеси аммиака и воздуха, основана на анализе химических реакций, происходящих при взаимодействии металла с газовой фазой:

$$Fe + NH_3 \rightarrow 1{,}5H_2 + Fe[N] – \alpha\text{-фаза};$$
$$4Fe + NH_3 \rightarrow 1{,}5H_2 + Fe_4N – \gamma\text{'-фаза};$$
$$Fe_4N + NH_3 \rightarrow 1{,}5H_2 + 2Fe_2N – \varepsilon\text{-фаза};$$
$$3Fe + 4H_2O = 4H_2 + Fe_3O_4;$$
$$Fe + H_2O = FeO + H_2 \ (t > 560\ ^\circ C);$$
$$Fe_3O_4 + H_2 = 3FeO + H_2O \ (t > 560\ ^\circ C).$$

Построенные на основе расчета диаграммы фазового состава позволяют определить особенности формирования диффузионных слоев при увеличении температуры и(или) азотного потенциала. В зависимости от этих параметров в азотированном слое образуются различные сочетания химических соединений, нитридных и оксидных фаз: FeO, Fe_3O_4, γ' и ε-фаза. При азотировании сталей в

аммиачно-воздушных атмосферах термодинамически обоснованное регулирование степени разбавления аммиака позволяет повысить азотный потенциал атмосферы за счет связывания водорода с образованием паров воды и увеличить степень диссоциации аммиака за счет снижения его парциального давления.

Термодинамическая модель дает возможность оптимизировать технологические параметры азотирования широкой номенклатуры сталей путем управления фазовым составом и строением диффузионного слоя.

Диффузионно-кинетические модели описывают кинетику процесса насыщения при ХТО, т.е. позволяют определить скорость роста диффузионного слоя или отдельных его участков в зависимости от природы упрочняемого металла, специфики насыщающей среды и других параметров технологического процесса. Диффузионные модели включают:

– разработку кинетической схемы протекания диффузионного процесса продвижения элемента в металле с учетом специфики образующихся фаз;

– выбор разновидности диффузионной задачи для решения;

– определение начальных и граничных условий;

– составление алгоритма решения и получение количественных соотношений, связывающих параметры слоя с исходными параметрами процесса.

Такие модели позволяют оптимизировать технологические параметры процесса по критерию формирования диффузионных слоев заданной толщины, определить условия интенсификации процесса.

Так, диффузионно-кинетическая модель внутреннего азотирования многокомпонентных сплавов учитывает возможность образования в азотированном слое участков с преимущественным выделением дисперсных нитридов различной термодинамической стабильности. Например, в хромоникелевых сплавах, содержащих титан, при высокотемпературном азотировании по мере снижения концентрации поступающего азота в глубь слоя формируются два фронта диффузии:

– первичный фронт (X) продвижения нитридов титана и вторичный фронт (Y) образования нитридов хрома (рисунок 1).

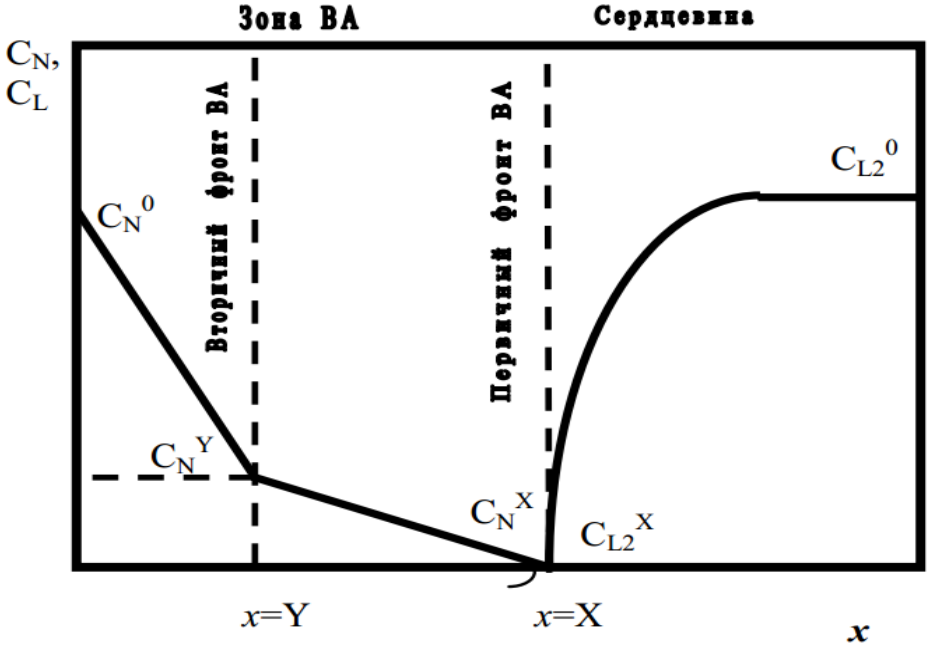


Рисунок 1 – Схема диффузии азота и легирующего элемента при азотировании многокомпонентных сплавов

Решение диффузионной задачи, иллюстрируемой схемой на рисунке 1, дает уравнение описывающее кинетику роста общей толщины диффузионного слоя X и толщины подслоя Y с параметрами диффузии и растворимости азота (D_N, C_N), которые, в свою очередь, зависят от температуры азотирования.

$$X^2 = \frac{2C_N^Y D_N}{\nu_2 C_{L2}^0 \left[1 - \frac{Y}{X}\right]^\tau}. \quad (1)$$

Таким образом, можно расчетным путем определить параметры процесса (температуру и время насыщения) для получения дисперсионного упрочнения тонколистового материала нитридами титана за счет сквозного азотирования без образования поверхностного подслоя нестойких нитридов хрома. Это позволяет повысить жаропрочность и сохранить жаростойкость сплавов, предназначенных для работы при высоких температурах.

Использование модели дает возможность точно рассчитать необходимое время сквозного насыщения изделия заданной толщины и значительно сократить длительность процесса азотирования [2].

Металлофизические (структурные) модели позволяют прогнозировать уровень упрочнения материала в результате модифицирующей обработки, исходя из параметров его структуры.

Применение количественных закономерностей металлофизических моделей для практических расчетов позволяет разрабатывать технологические

процессы, обеспечивающие формирование слоя со строго определенными параметрами состава и структуры.

Например, высокий уровень твердости при внутреннем азотировании сплавов может быть достигнут путем регулирования размерных параметров нанодисперсных нитридов. Уровень упрочнения, пропорциональный объемной доле нитридных частиц, зависит от природы нитридной фазы: как правило, он тем выше, чем больше термодинамическая стабильность нитрида. Подобные расчеты на основании моделей могут применяться для целенаправленного формирования химического состава азотируемых сплавов.

Современные способы регулирования параметров азотирования позволяют находить все новые технологические решения, реализация которых обеспечивает широкий диапазон физико-механических характеристик материалов.

Технология высокотемпературного азотирования коррозионностойких хромоникелевых сталей и жаростойких нихромов обеспечивает заданный состав и структуру слоя для повышения твердости, износостойкости, прочностных характеристик, сопротивления ползучести, стойкости к электрохимической и газовой коррозии. Так, получение протяженных зон внутреннего азотирования в никелевых сплавах на базе азотистого твердого раствора, упрочненного дисперсными нитридами титана, позволило повысить их жаропрочность до температуры 1100 °С при сохранении жаростойкости. Регулирование фазового состава зон внутреннего азотирования в аустенитных сталях путем разбавления аммиака инертным газом дает возможность получать износостойкие слои без потери коррозионной стойкости (рисунок 2).

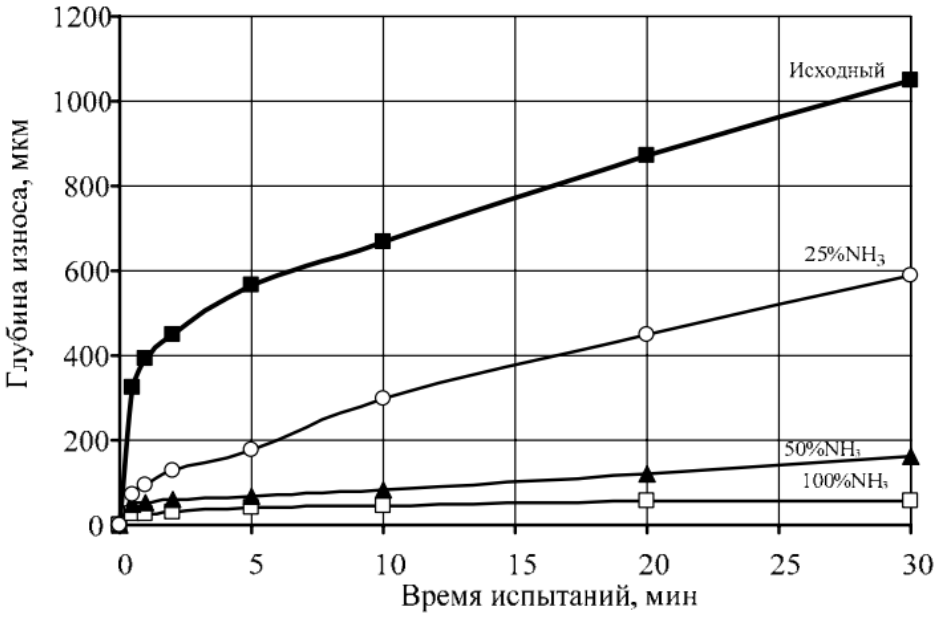


Рисунок 2 – Зависимость износа от времени испытний

Технология гидроплазменного азотирования заключается в обработке конструкционных сталей в электролите (растворе хлорида аммония), в котором при определенном пороговом напряжении и, силе электрического тока образуется газопаровая рубашка (плазма).

За счет выделения большого количества тепла непосредственно у поверхности металла происходит очень быстрое его насыщение ионами азота с образованием химических соединений (нитридов железа). При отключении напряжения осуществляется нитрозакалка, структура слоя состоит из поверхностной зоны ε-фазы и азотистого мартенсита, что вызывает существенное повышение микротвердости слоя (рисунок 3).

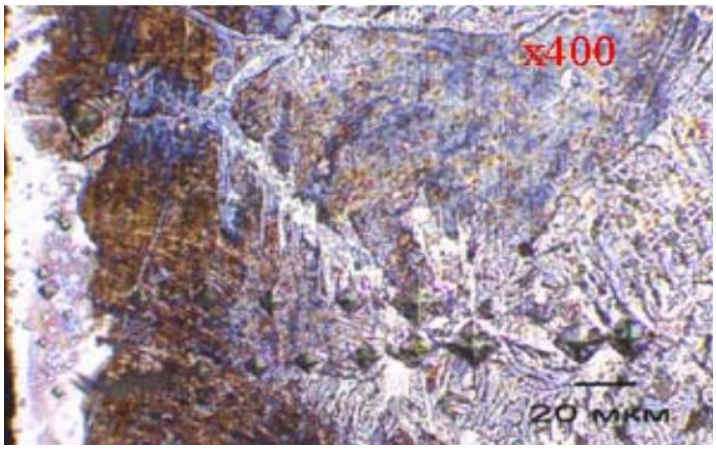


Рисунок 3 – Микроструктура поверхностного слоя стали У8

Технология применена, в частности, для получения коррозионно-стойких покрытий на мелких деталях, работающих в агрессивных и абразивных средах (влаги, песка), например, для обработки рабочих частей машин из стали У8 для расчесывания шерсти. Преимущества процесса заключаются в сокращении времени азотирования до минут, снижении расхода газа и отсутствии необходимости герметизации камеры насыщения, в отличие от печного и ионного азотирования.

Исходя из структурной модели, можно заключить, что наибольший эффект упрочнения достигается при реализации максимально возможного числа упрочняющих механизмов в едином технологическом процессе.

С этой точки зрения представляют интерес комбинированные технологии упрочнения, сочетающие в себе несколько традиционных методов обработки.

На современном этапе углубляется тенденция к разработке комбинированных процессов химико-термической обработки, базирующихся на научно-обоснованном применении многокомпонентных газовых сред.

Это процессы комплексного насыщения несколькими элементами, такие как нитрооксидирование, оксикарбонитрирование и др. Развиваются технологии ХТО, представляющие собой комбинации двух и более видов модифицирующих воздействий на поверхность металла.

Регулируемые технологии комбинированных процессов ХТО в смеси аммиака и воздуха обеспечивают высокий уровень физико-механических свойств деталей из конструкционных низколегированных сталей, коррозионностойких сталей ферритного, мартенситного и аустенитного классов: повышенную твердость, износостойкость, контактную выносливость, коррозионную стойкость. Газоциклические процессы азотирования с регулируемой дискретной подачей аммиака и воздуха существенно (в 1,25-1,47 раз) интенсифицируют процесс роста слоя в высоколегированных сталях по сравнению с азотированием в аммиаке и позволяют избежать процедуры предварительной депассивации поверхности.

Наибольшая эффективность достигается при реализации технологии азотирования сталей в разделенных атмосферах аммиака и воздуха, когда сначала осуществляется подача воздуха с целью окисления, а затем – азотирование в атмосфере аммиака [3]. В результате процессов с разделенными воздушно-аммиачными атмосферами на хромистых сталях формируется азотированный слой под энергетическим барьером из оксидных пленок. Под наноразмерной оксидной пленкой образуется дисперсно-упрочняемый пересыщенный твердый раствор азота и хрома в железе. Комбинированное покрытие на стали 40Х13 имеет высокое сопротивление износу благодаря образованию на поверхности мелкодисперсного нанопорошка оксида железа, который является своего рода смазкой при работе деталей на истирание. В результате азотирования через оксидный барьер коэффициент трения поверхности снижается по сравнению с классическим азотированием, а износостойкость повышается: в условиях трения скольжения без смазочного материала в 4-4,5 раз, в условиях абразивного и гидроабразивного изнашивания в 2-2,5 раза.

Список литературы

1 Ажогин Ф. Ф. Коррозионное растрескивание и защита высокопрочных сталей. М.: Металлургия, 1974 – 342 с.

2 Александров В.А. Технология получения защитных покрытий из суспензий химических соединений алюминия и кремния / В.А. Александров // В сб. «Современные упрочняющие еще технологии и их применение». – М. : МАДИ (ГТУ), 2015. – С. 82–84.

3 Березин А.В. Влияние повреждений на деформационные и прочностные характеристики твердых тел. М.: Наука, 2014. - 135 с.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ СВЕРЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R-ПАРАМЕТРОВ

Терентьев А.А.
Оренбургский государственный университет

Станки с ЧПУ сочетают точность и производительность станков-автоматов и гибкость универсального оборудования. Это позволяет сократить не только время подготовки производства серийных изделий, но и время проектирования и запуска опытных образцов. При соблюдении определенных условий такое оборудование экономически целесообразно применять не только в условиях серийного, но и мелкосерийного и даже единичного производства [1].

Для сокращения времени на запуск новой продукции в производство эффективно применять параметрическое программирование ЧПУ, которое придает управляющим программам гибкость и универсальность [2]. Такое программирование позволяет разрабатывать для обработки группы подобных по форме, но разных по размерам деталей, одну универсальную управляющую программу.

Одним из наиболее простых методов параметрического программирования является программирование с использованием R-параметров (арифметических параметров). Этот метод используется в системе управления Sinumerik.

Следует иметь ввиду, что количество используемых R-параметров в системе управления может быть разным. Например, в системе управления учебными станками EMCO доступно 100 переменных, относящихся к типу REAL (действительные числа), причем, диапазон параметров от R0 до R89 может свободно использоваться программистом, а параметры от R90 до R99 зарезервированы для специальных операций. А на станке 400V с УЧПУ Sinumerik 802 Dsl доступны параметры от R0 до R299, но первые 100 параметров могут использоваться для специальных операций и программирования измерительного щупа.

Эффективность применения параметрического программирования с использованием R-параметров можно показать на примерах программирования операций сверления рядов отверстий.

В первом примере требуется разработать управляющую программу для обработки линейной схемы расположения отверстий. На рисунке 1 приведена схема расположения отверстий на конкретной детали, которая представляет собой пластину длиной 140 миллиметров, шириной 110 миллиметров и толщиной 15 миллиметров. На данной схеме не конкретизируется диаметр отверстия, так как на структуру разрабатываемой программы он не влияет (диаметр отверстия, а, следовательно, и сверла будет влиять на режим обработки).

Первые кадры управляющей программы будут стандартными. В них указываются плоскость интерполяции, смещение нулевой точки, система отсчета размеров, вызывается нужный режущий инструмент, назначается режим обработки, включается подача смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

N5 G17 G54 G90
N10 T5 M6
N15 F120 S1400 M3 M8

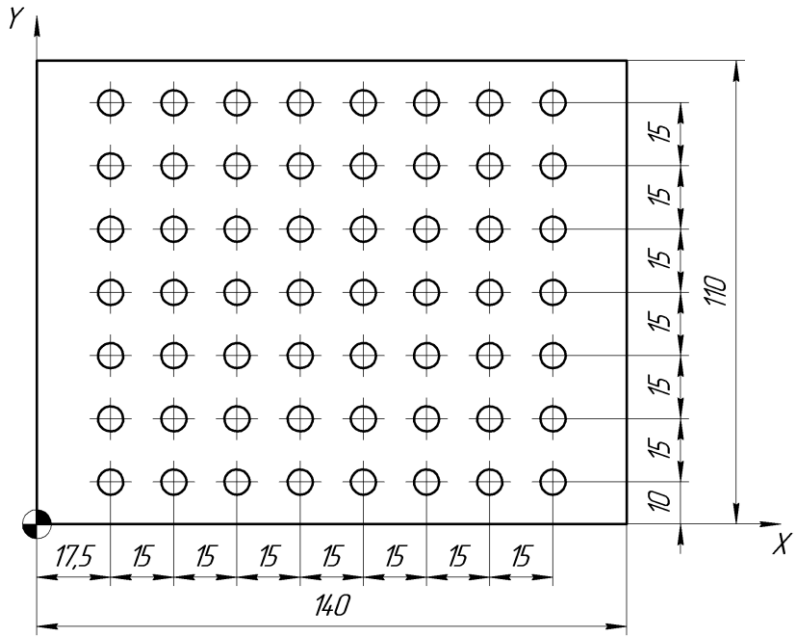


Рисунок 1 – Линейная схема расположения отверстий

Далее следует подвод инструмента к начальной точке, находящейся на одной прямой с первым рядом отверстий.

Если при подводе инструмента нет опасности столкновения с деталью и элементами станочного приспособления, то кадр N20 выглядит следующим образом:

N20 G0 X=R15 Y=R16 Z5 ,

где R15 и R16 – координаты начальной точки по осям X и Y соответственно.

Координата по оси Z указана исходя из условия, что начало координат находится на верхней поверхности пластины.

В случае возможного столкновения подвод инструмента запрограммировать следующим образом:

N20 G0 X=R15 Y=R16
N21 Z5

В следующем кадре осуществляется модальный вызов соответствующего цикла сверления. Если необходимо сверлить неглубокие глухие отверстия, то используется цикл CYCLE82, если глубокие – CYCLE83. При сверлении неглубоких сквозных отверстий лучше применять цикл CYCLE81, а в случае использования цикла CYCLE82 последний (шестой) параметр принять равным нулю. В данном примере используем цикл CYCLE81.

N25 MCALLCYCLE81(R11, R12, R13, R14) ,

где R11 – координата плоскости отвода;
R12 – координата базовой плоскости;
R13 – безопасное расстояние;
R14 – конечная глубина сверления, указанная в абсолютных координатах.

Для организации замкнутого цикла в кадре N30 ставится метка, а затем объявляется цикл формирования ряда отверстий HOLES1.

N30 METKA:
N35 HOLES1(R15, R16, R17, R18, R19, R20) ,

где R17 – угол между линией ряда отверстий и абсциссой (осью X);
R18 – расстояние от начальной точки до первого отверстия;
R19 –расстояние между отверстиями;
R20 – количество отверстий в ряду.

Затем вычисляется значение ординаты начальной точки следующего ряда, организуется счетчик рядов и условие перехода.

N40 R16=R16+R23
N45 R22=R22+1
N50 IF R22<R21 GOTOB METKA ,

где R21 – количество рядов;
R22 – счетчик рядов;
R23 –расстояние между рядами.

Когда количество рядов отверстий совпадет с заданным, происходит переход к выполнению последующих кадров, в которых программируется отмена модального вызова цикла сверления, отвод инструмента от детали, отключение вращения шпинделя и подачи СОЖ.

N55 MCALL
N60 G0 Z100
N65 M5 M9
N70 M30

После разработки управляющей программы для обработки конкретной детали необходимо присвоить соответствующие значения R-параметрам. В данном примере они будут иметь следующие значения:

R11=5
R12=0
R13=2
R14=-20
R15=7.5
R16=10
R17=0
R18=10
R19=15
R20=8
R21=7
R22=0
R23=15

Результаты моделирования управляющей программы при обработке линейной схемы расположения отверстий показаны на рисунке 2.

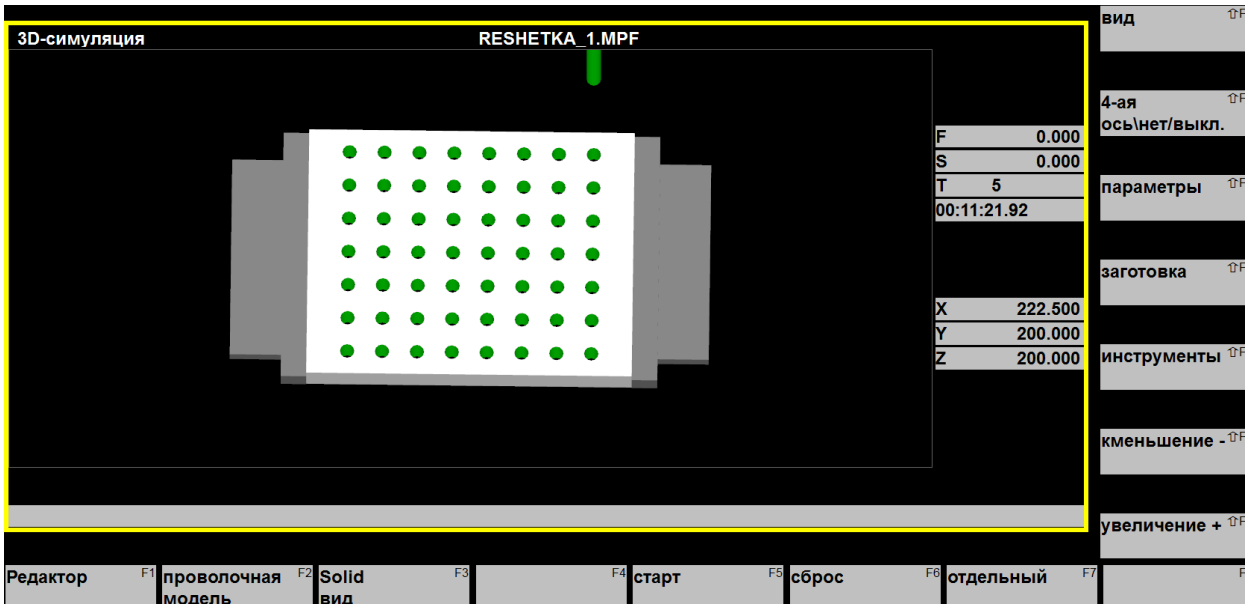


Рисунок 2 – Результаты моделирования управляющей программы при обработке линейной схемы расположения отверстий

Во втором примере требуется разработать управляющую программу для обработки отверстий, расположенных по концентрическим окружностям. На рисунке 3 приведена схема расположения отверстий на заданной детали

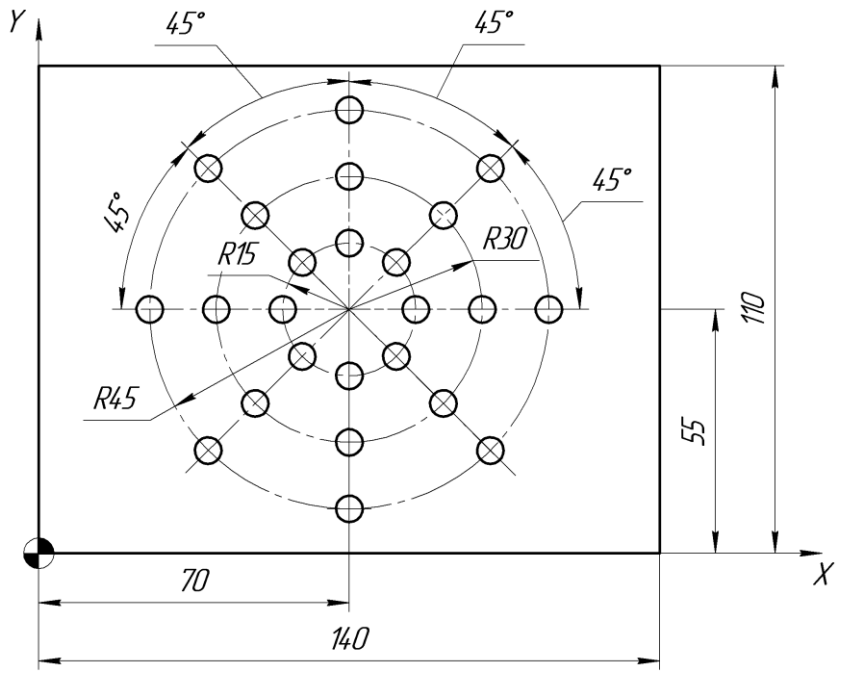


Рисунок 3 – Схема расположения отверстий по концентрическим окружностям

Отличие данной программы заключается в том, что здесь применяется цикл формирования окружности отверстий HOLES2. В данном примере арифметические параметры означают:

R31 – координата плоскости отвода;
R32 – координата базовой плоскости;
R33 – безопасное расстояние;
R34 – конечная глубина сверления, указанная в абсолютных координатах;
R35 – координата начальной точки по оси X;
R36 – координата начальной точки по оси Y;
R37 – координата центра окружности по оси X (абсцисса);
R38 – координата центра окружности по оси Y (ордината);
R39 – радиус окружности;
R40 – начальный угол;
R41 – угол индексации (повторного включения);
R42 –количество отверстий на окружности;
R43 – количество рядов;
R44 – счетчик рядов;
R45 –расстояние между рядами.

Управляющая программа будет иметь следующий вид:

```
N5 G17 G54 G90
N10 T5 M6
N15 F120 S1400 M3 M8
N20 G0 X=R35 Y=R36 Z5
N25 MCALL CYCLE82(R31, R32, R33, R34, 0, 1)
```

```
N30 METKA:
N35 HOLES2(R37, R38, R39, R40, R41, R42)
N40 R39=R39+R45
N45 R44=R44+1
N50 IF R44<R43 GOTOB METKA
N55 MCALL
N60 G0 Z100
N65 M5 M9
N70 M30
```

R-параметры в данном примере будут иметь следующие значения:

R31=5
R32=0
R33=2
R34=-20
R35=70
R36=55
R37=70
R38=55
R39=15
R40=0
R41=45
R42=8
R43=3
R44=0
R45=15

Результаты моделирования управляющей программы при обработке отверстий, расположенных по концентрическим окружностям, показаны на рисунке 4.

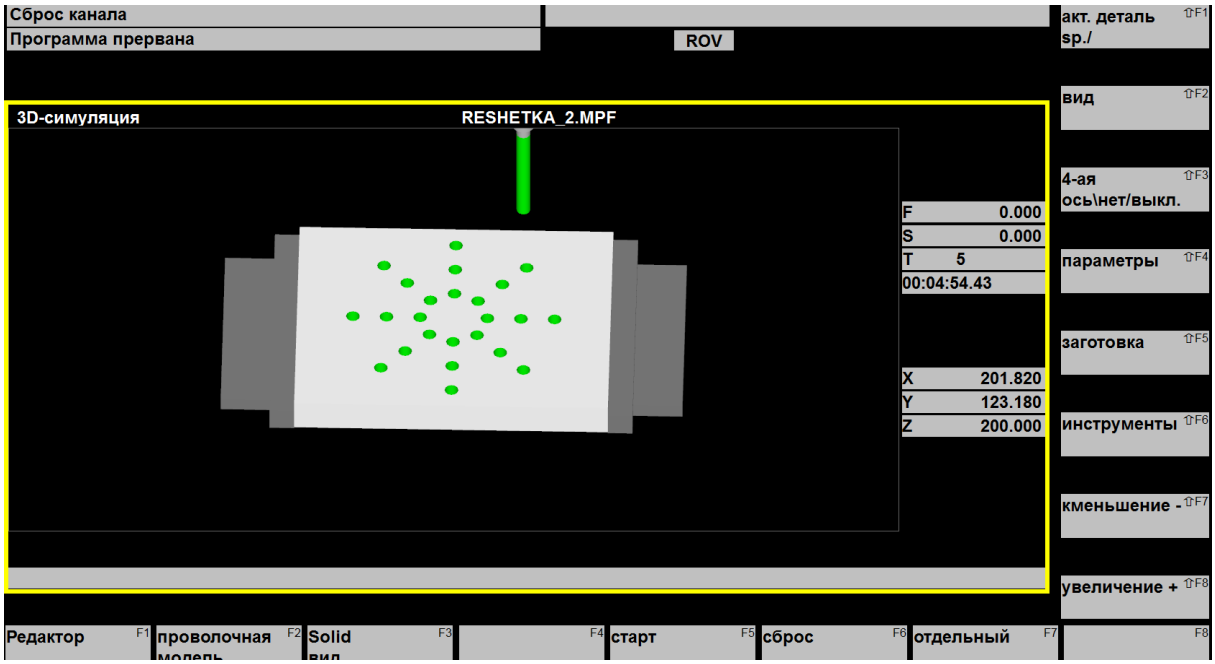


Рисунок 4 – Результаты моделирования управляющей программы при обработке отверстий, расположенных по концентрическим окружностям

При необходимости обработки других подобных по форме, но разных по размерам деталей необходимо изменить только численные значения R-параметров.

Таким образом, представленные примеры реализации параметрического программирования для системы управления Sinumerik показывают эффективность такого метода программирования для повышения универсальности разработки управляющих программ в условиях большой номенклатуры деталей.

Список литературы

1 Шеховцева, Т.В. Целесообразность применения станков с ЧПУ в единичном и мелкосерийном производстве на основе показателей технологичности деталей ГТД / Т.В. Шеховцева // Вестник МГТУ. – 2011. – Т. 14. – №4. – С.690-700.

2 Терентьев, А. А. Формирование компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности, связанной с эксплуатацией станков с ЧПУ [электронный ресурс] / А. А. Терентьев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29-31 января 2014 г., Оренбург / Оренбургский гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2014. – С. 503-505.

КОЛЛЕКТИВНЫЕ РЕШАЮЩИЕ ПРАВИЛА В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ

Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент,
Шепель В.Н., д-р экон. наук, профессор, Акимов С.С.
Оренбургский государственный университет

При решении проблем, связанных с распознаванием ситуаций, в том числе производственных, важным является необходимость решения задачи отыскания оптимальных решающих процедур (правил, алгоритмов). На практике, при создании систем автоматического распознавания (распознающего автомата), как правило, эту задачу решают на основе известных алгоритмов принятия решений. Однако одни из них основываются на технологиях индивидуального распознавания (распознавания по одному объекту или элементу ситуации) и, соответственно, не отличаются достаточной эффективностью; другие используют весьма затратные и не всегда оправданные на практике технологии, например, нейросетевые. Поэтому тема исследования, связанная с использованием, так называемых коллективных решающих правил, занимающих по критерию сложности и, соответственно, затратности промежуточное положение, при решении задач распознавания производственных ситуаций является актуальной.

Цель настоящей статьи заключается в исследовании различных реализаций коллективных решающих правил в интересах последующей разработки, практически реализуемого в системах автоматического распознавания производственных ситуаций, алгоритма принятия решений.

Выбор методов распознавания во многом определяется тем, для какого уровня автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС) предприятия поставляется информация о текущей производственной ситуации [7]. От этого же фактора зависит выбор алфавита классов ситуаций и словаря признаков.

Обычно в АИУС предприятия решается задача по управлению группой из $N \geq 2$ производственных процессов $j \in \{1,...,N\}$, причем каждый из процессов может находиться в разных стадиях выполнения и в одном из M возможных состояний $i \in \{1,...,M\}$. Состояние каждого процесса в АИУС контролируется по T параметрам, причем для каждого $t \in \{1,...,T\}$ параметра учитывается его измеренное значение x_t.

Совокупность из N управляемых со стороны АИУС процессов, находящихся в конкретных состояниях и описываемых конкретными значениями параметров, можно определить как производственную ситуацию [8].

Для осуществления эффективного управления производственными процессами в АИУС необходимо достоверно распознать имеющую место в данный момент ситуацию r_N, принадлежащую множеству из R_N возможных

производственных ситуаций.

Таким образом, в терминах теории распознавания образов число M определяет алфавит классов, M – словарь признаков, а R_N – алфавит производственных ситуаций.

При исследовании различных решающих процедур с точки зрения их вклада степень достоверности распознавания надо исходить из основного предназначения распознающего автомата, заключающегося в том, чтобы на основе собранной информации определить класс объекта с характеристиками, аналогичными измеренным у распознаваемых объектов. Правильность распознавания зависит от объема различающей информации, содержащейся в измеряемых характеристиках, и эффективности использования этой информации [5].

При использовании коллективов решающих правил в качестве рабочего алгоритма в системе распознавания эффективность учета полученной при измерении характеристик объекта информации заведомо выше, чем у индивидуальных алгоритмов, так как в алгоритме распознавания используется двухуровневая схема. На первом уровне применяются индивидуальные (частные) решающие правила, результаты работы которых объединяются в блоке синтеза на втором уровне.

То есть, в этом случае, для реализации процедуры распознавания и идентификации производственной ситуации r_N необходимо в начале осуществить индивидуальное (частное) распознавание состояния i каждого j-го процесса, а затем сравнить распознанный по одному состав группы из N процессов с одним из допустимых ее составов $\{1,...,r_N,...,R_N\}$, что позволит определить класс ситуации r_N.

Для распознавания производственных ситуаций в АИУС предприятия в качестве рабочего алгоритма можно применить целый ряд вариантов реализации коллективных решающих правил, которые позволяют в интересах достоверного распознавания состояний производственных процессов использовать дополнительную информацию, характеризующую ситуацию в целом.

Проведем анализ различных реализаций коллективных решающих правил с учетом их возможного применения их в распознающих автоматах АИУС предприятий.

Адаптивные одношаговые алгоритмы предполагают анализ множества измеренных признаков $\{x_t\}$ всех объектов группы, с дальнейшей оценкой числа объектов i-го класса $\bar{N}_i$ в группе из N объектов и функций $f_i(x/r_N)$ плотности распределения вероятностей значений признаков i-го класса в группах r_N вида. Для сокращения записи в дальнейшем функции плотности распределения вероятностей признаков будем называть законами распределения вероятностей (ЗРВ). По завершению анализа множества измеренных признаков осуществляется принятие решения о классах всех

объектов в группе за счет замены априорной вероятности наличия объекта i-го класса $P(A_i)$ и ЗРВ значений признаков i-го класса $f_i(x)$ оценками вероятностей наличия i-го класса в группе r_N вида $\bar{P}(A_i / r_N) = \bar{N}_i / N$ и ЗРВ $f_i(x / r_N)$, соответственно. Оценки составов групп $\bar{N}_i$ могут быть определены способами, приведенными в публикациях [1, 2].

Решающее правило для адаптивных алгоритмов имеет вид

$$i(j) = \arg\max_i \{P(A_i / r_N) \cdot f_i(x / r_N)\}.$$

ЗРВ значений признаков $f_i(x / r_N)$ могут не совпадать с ЗРВ $f_i(x)$. В этом случае, расчет $f_i(x / r_N)$ не возможен, затруднен, или имеются ограничения по хранению априорных статистик значений признаков для классов объектов и вариантов состава групп, их следует заменить на ЗРВ $f_i(x)$.

В работе [1] приведены результаты исследований различных разновидностей адаптивных одношаговых алгоритмов, которые свидетельствуют об их хорошей эффективности в условиях больших размеров групп предъявленных к распознаванию объектов, а также когда эти группы достаточно однородны.

С учетом особенностей адаптивных одношаговых алгоритмов их использование в системах распознавания ситуаций в АИУС предприятий может быть ограниченным.

Алгоритмы распознавания, основанные на решении составной байесовской задачи, используют замену классов алфавита $\{1,...,i,...,M\}$ множеством вариантов состава $\{1,...,r_N,...,R_N\}$ группы. Каждому варианту сопоставляется априорная вероятность наличия группы такого состава $P(r_N)$ и определяется процедура нахождения условных ЗРВ группы $f(\{x\} / r_N)$ при наблюдении r_N-го вида ее состава. Распознавание классов всех объектов группы сводится к определению одного из возможных вариантов ее состава

$$i(j) = i(j, r_N),$$

$$r_N = \arg\max_r \{P(r_N) \cdot f(\{x\} / r_N)\}.$$

Как показано в работе [2] при заданных вероятностных описаниях признаков объектов составной байесовский алгоритм обеспечивает наибольшую достоверность распознавания. Результаты моделирования процессов распознавания производственных ситуаций с использованием составных решающих правил, приведенные в работе [6], полностью подтвердили этот вывод.

Следует отметить, что практическая реализация составных байесовских правил при решении прикладных задач распознавания существенно затруднено в связи с экспоненциальным возрастанием вычисленных и, соответственно, временных затрат при расчете статистик $P(r_N) \cdot f(\{x\} / r_N)$ в случае роста числа

классов M (алфавита классов) и числа объектов N в группе (размерности задачи).

С учетом названных особенностей, составные правила можно использовать в качестве рабочих алгоритмов распознавания производственных ситуаций в АИУС, но при условии эффективного решения задачи снижения объема вычислений. Вариант решения этой проблемы на основе использования аппарата граф-схем приведен в работе [7].

Комбинированные алгоритмы распознавания рассмотрены в работах [2, 4]. Они предполагают распознавание объектов в два этапа. На первом этапе определяется число объектов каждого класса N_i в предъявленной группе. В ходе второго этапа используется одна из версий составных байесовских правил. Сложность составных правил, при этом, значительно уменьшается за счет такого уточнения состава группы. В идеале, количество вариантов состава группы может быть снижено с экспоненциального значения M^N до числа сочетаний $C_N^{N_1 \ldots N_M}$. Различные версии комбинированных алгоритмов отличаются только способом реализации первого этапа и оценки $\bar{N}_i$. Эти способы могут быть такими же, как и при использовании адаптивных одношаговых алгоритмов. Комбинированные алгоритмы в различных условиях позволяют использовать достоинства составных байесовских правил или адаптивных одношаговых алгоритмов [2]. Таким образом, комбинированные алгоритмы позволяют:

– в случае предъявления групп небольших размеров снизить объем вычислений и обеспечить высокую достоверность распознавания за счет составных байесовских правил;

– в случае групп больших размеров обеспечить качество распознавания, соответствующее адаптивным одношаговым алгоритмам.

Комбинированные алгоритмы также как и адаптивные можно лишь ограниченно использовать при распознавании ситуаций в производственных АИУС.

Алгоритмы распознавания с контекстом предполагают учет результатов распознавания ранее предъявленных объектов в ходе распознавания следующих. Практика учета контекста при распознавании в настоящее время рассмотрена недостаточно полно, в работе [3] исследованы лишь некоторые теоретические вопросы. Однако, результаты этих исследований позволяют предположить, что такие алгоритмы могут применяться в АИУС в полном объеме.

Анализ рассмотренных коллективных решающих правил в качестве алгоритмов распознавания ситуаций позволяет сделать следующие выводы:

– коллективные решающие правила позволяют обеспечить более высокое качество распознавания объектов по сравнению с алгоритмами их индивидуальной идентификации, в случае если таких объектов более двух;

– коллективные решающие правила, обычно требуют больших затрат по памяти и объему машинных вычислений, чем индивидуальные процедуры

распознавания (особенно при больших размерностях групп);

– каждая из версий коллективных решающих правил, в силу своих особенностей, в различных условиях работают по-разному.

Результаты анализа свидетельствует о том, что выбор нужного алгоритма распознавания в качестве рабочего в АИУС должен осуществляться с учетом ее специфики. Это позволит наилучшим образом использовать преимущества выбранной версии алгоритма.

Так как сложные промышленные АИУС работают в различных режимах, то в качестве рабочего алгоритма в каждом режиме функционирования АИУС в системе распознавания ситуаций могут быть использованы наиболее предпочтительные в этих условиях коллективные решающие правила.

Список литературы

1 Барабаш, Ю.Л. Коллективные статистические решения при распознавании / Ю.Л. Барабаш. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.

2 Горелик, А.Л. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн. – Москва: Радио и связь, 1990. – 240 с.

3 Дуда, Р., Харт, П. Распознавание образов и анализ сцен / Р.О. Дуда, П.Е. Харт. Перевод с англ. Г.Г. Вайнштейна и А.М. Васьковского. Под ред. В.Л. Стефанюка. – Москва: Мир, 1976. – 511 с.

4 Кривошеев, О.В. Статистические процедуры распознавания объектов в группах / Кривошеев О.В. // Оценивание и распознавание стохастических систем : материалы науч.-практ. конф. Киев / Институт математики АН УССР. – Киев, 1988. – 50 с.

5 Попова, Л.П. Обзор существующих методов распознавания образов / Л.П. Попова, И.О. Датьев // Информационные технологии в региональном развитии. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. – Вып. VII. – С. 93-103.

6 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.

7 Трипкош, В.А. Составной граф-схемный алгоритм распознавания ситуаций в информационно-управляющих системах / В.А. Трипкош // Инновационные технологии в науке нового времени: материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Часть 2. Уфа: МЦИИ Омега Сайнс. – Уфа, 2016. С. 34–40.

8 Шепель, В.Н. Алгоритм распознавания производственных ситуаций в информационно-управляющих системах на основе решения составной байесовской задачи / В.Н. Шепель, В.А. Трипкош // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 12/2017. – с. 97–101.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Тугов В.В. канд.техн.наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Конструкции из композиционных материалов используются в различных отраслях промышленности. Наиболее широкое применение они получили в авиационной, космической и других отраслях промышленности. Как известно, многие производственные процессы в той или иной степени связаны с изменением температурного состояния и переноса теплоты. Увеличение требований к таким характеристикам как прочность, долговечность и возможность применения в экстремальных условиях таких конструкций обусловливает интерес к детальному исследованию процессов, осуществляемых при их изготовлении методом полимеризации [1,2].

В работе основное внимание уделено учету тепловыделения при полимеризации. Это особенно актуально для производства композиционных материалов в специальных установках, в которых температура и давление устанавливается заранее без учета выделения тепла полимеризации. Поэтому изменяется температурный режим производства и появляются, при остывании материалов, остаточные термонапряжения и деформации. В связи с этим целью работы является разработка и исследование математических моделей теплообмена в многослойных плоских конструкциях с сотовым заполнителем, изготавливаемых методом полимеризации в промышленных установках.

Разрабатываемые математические модели теплообмена позволят отслеживать и моделировать реальные температурные процессы, которые происходят в многослойных конструкциях внутри установки [3].

Исследование производственного процесса в автоклавах показало, что для увеличения эксплуатационных характеристик композиционных материалов, необходимо точно поддерживать параметры процесса и разработать систему контроля полимеризации. Для разработки такой системы необходимо разработать математические модели для расчета теплообмена на этапах производства композиционных материалов.

В основу композиционных материалов положены армирующие составляющие. Они придают необходимые механические свойства, а связующие материалы их соединяют. Достаточно часто используются армирующие материалы в виде стеклоткани, пропитанной связующим компонентом. Многослойная конструкция из композитов требуемой формы с пропитанной связующей стеклотканью подвергается технологической температурной обработке, обеспечивающей полимеризацию изделия [4-6].

Температурный процесс полимеризации композитов состоит из трех этапов: I этап – режим предварительного разогрева (повышение значения от

начальной температуры до 125 ^{0}C за два часа); II этап – режим полимеризации (в течении 3 часов постоянно поддерживается температура 125 ^{0}C); III этап – режим охлаждения (снижение температуры от 125 ^{0}C до температуры окружающей среды в течении 2 часов).

В данной работе рассматривается девятислойный материал, где один слой сотового материала расположен между двумя и шестью слоями материала из стеклоткани, которые имеют одинаковые свойства. Поэтому температура быстрее распространяется со стороны двухслойной стеклоткани, чем со стороны шестислойной. Рассмотрим теплообмен для трех слоев (стеклоткань – сотовый материал – стеклоткань), когда температура продвигается со стороны стеклоткани (например, снизу, где двухслойный материал).

Система уравнений с краевыми условиями задачи запишем в виде (обозначим: $l = l_1, l + 2R = l_2, l + 2R + l = l_3$):

$$c_1\gamma_1 \frac{\partial U_1(x,t)}{\partial t} = \lambda_1 \frac{\partial^2 U_1(x,t)}{\partial x^2} + V_1(x,t), t > 0, 0 < x < l_1; \quad (1)$$

$$c_2\gamma_2 \frac{\partial U_2(x,t)}{\partial t} = \lambda_2 \frac{\partial^2 U_2(x,t)}{\partial x^2} + V_2(x,t), t > 0, l_1 < x < l_2; \quad (2)$$

$$c_3\gamma_3 \frac{\partial U_3(x,t)}{\partial t} = \lambda_3 \frac{\partial^2 U_3(x,t)}{\partial x^2} + V_3(x,t), t > 0, l_2 < x < l_3; \quad (3)$$

с начальными условиями:

$$U_1(x,0) = U_2(x,0) = U_3(x,0) = f(x); \quad (4)$$

граничными условиями:

$$U_1(0,t) = \psi_1(t), U_3(l_3,t) = \psi_3(t); \quad (5)$$

и с условиями сопряжения

$$U_1(l_1,t) = U_2(l_1,t); \lambda_1 \frac{\partial U_1(l_1,t)}{\partial x} - \lambda_2 \frac{\partial U_2(l_1,t)}{\partial x} = \varphi_1(t); \quad (6)$$

$$U_1(l_1,t) = U_2(l_1,t); \lambda_2 \frac{\partial U_2(l_2,t)}{\partial x} - \lambda_3 \frac{\partial U_3(l_2,t)}{\partial x} = \varphi_2(t); \quad (7)$$

где $c_1,c_2,c_3,\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – теплоемкости, плотности и теплопроводности соответствующих слоев; V_1,V_2,V_3 – функции источников; x – пространственная координата; t – время; U_1, U_2, U_3 – температура слоев.

Для решения поставленной задачи использовано конечное интегральное преобразование с функцией Грина [7].

Окончательное решение задачи находится по формуле:

$$U_k(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \xi^2 U_G G_k \quad (k=1,2,3). \qquad (8)$$

Аналогично проводится решение между вторым и третьим слоями (слой сотового материала и полимеризованные слои стеклотканей).

В результате проведенного исследования разработаны математические модели теплообмена для всех этапов производства многослойных плоских конструкций в автоклаве. Аналитические решения полученных задач позволяют оценить распределение температуры в зависимости от времени в каждом слое изделия. Выявлены физико-химические факторы, определяющие температурные поля в технологических процессах производства композитов с учетом многослойности структур и их учет в математических моделях.

Список литературы

1. Карташов, Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э.М. Каташов. – М.: Высшая школа, 1985. – 479 с.

2. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1967. – 600 с.

3. Акимов, И.А. Построение математической модели процесса полимеризации при изготовлении изделий из композиционных материалов / И.А. Акимов, В.В. Тугов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: 2015. –С. 228-231.

4. Youbi, El. Modeling the Effect of Boundary Conditions on the Stability of Multilayer Composite Structures: Case of Buckling Bifurcation / El Youbi, M., Rougui // Analytical and Numerical Results Using “SHELL 181” Element, (2015) International Review of Mechanical Engineering (IREME), 9 (3). – pp. 307-313.

5. Abdul Azeez, M.F. Axisymmetric transient solutions of the heat diffusion problem in layered composite media/ M.F. Abdul Azeez, A.F. Vakakis // Int. J. Heat Mass Transfer 43 (2000). – pp. 3883–3895.

6. Vitaly Tugov,Mathematical models of thermalphysic processes in the production of multilayer composites by the polymerization method / Vitaly Tugov, Alexey Akimov // International Review of Automatic Control (I.RE.A.CO.), 2017. – Vol. 10, № 5. –p. 426-432.

7. Туголуков, Е.Н. Решение задач теплопроводности методом конечных интегральных преобразований: Учебное пособие / Е.Н. Туголуков. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2005. –116 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ГАЗОВЫХ ХРАНИЛИЩАХ

Ульянова Т.С., Акимов С.С.
Оренбургский государственный университет

Пусконаладочные работы являются одним из наиболее востребованных важных и распространенных видов деятельности на сегодняшний день. С инженерной точки рения любое промышленное оборудование является достаточно сложным объектом, причем, здесь можно говорить, как о технической сложности, связанной с большим количеством узлов и деталей оборудования, так и с точки зрения сложности эксплуатации, заключающейся в знании инженером основных принципов работы данного оборудования, и умении использовать его функционал. Пусконаладочные работы являются тем процессом, который предваряет непосредственно фазу эксплуатации [1].

Проведение пусконаладочных работ позволяет:

– значительно облегчить работу обслуживающего и вспомогательного персонала оборудования;

– продлевать срок эксплуатации оборудования;

– минимизировать выпуск бракованной продукции;

– избегать ложного срабатывания систем и механизмов;

– выполнить все требования технической безопасности эксплуатации промышленного оборудования.

Организация поведения пусконаладочных работ на газовых хранилищах должна быть заранее запланирована, и отражена в проекте по монтажу устанавливаемого оборудования сразу после непосредственной установки всех станков, агрегатов, механизмов и датчиков. Все специалисты по монтажу оборудования обязаны иметь достаточную квалификацию для того, чтобы проверить правильность настроек оборудования, направленных на конкретный производственный цикл. Проведение пусконаладочных работ, еще до начала производственного процесса, позволит достаточно точно определить, насколько корректны были поставлены заводские установки, выявит основные ошибки монтажа и сборки оборудования, если таковые допускались.

В процессе разработки методики или программы пусконаладочных работ на газовых хранилищах, помимо знаний в данной области, требуется, также, высокая квалификация специалиста в зависимости от вида оборудования, поскольку один-единственный специалист на может знать принцип функционирования всей системы досконально. Поэтому при выполнении пусконаладочных работ достаточно часто привлекаются сторонние организации, которые специализируются на конкретных видах оборудования и типах производимых работ [2].

Зачастую всего общая программа и методика пусконаладочных работ выполняется не на производственной площадке или в цеху, а в офисе промышленного предприятия. Процесс разработки программы и методики

проведения испытаний в общем виде схематически изображен на рисунке 2.

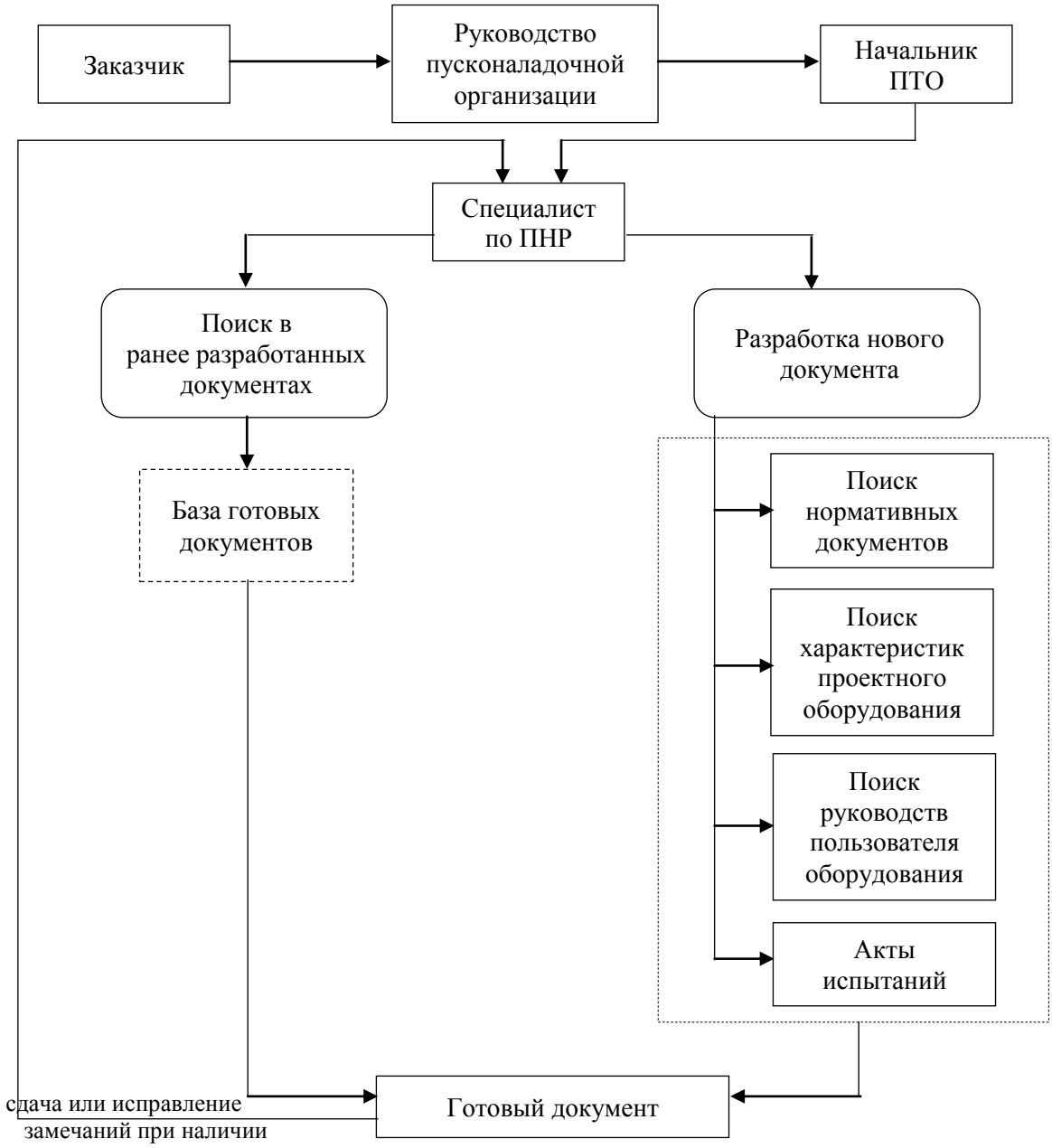


Рисунок 2 – Разработка программы и методики проведения испытаний на газовых хранилищах

Разработчиком программы и методики проведения испытаний может являться инженер производственно-технического отдела. При проведении подобных работ он обязан знать:

– основные разделы, содержание и структуру необходимого программного обеспечения;

– полный перечень устанавливаемого оборудования и принципы его работы;

– нормативные документы, связанные с работой оборудования;

– охрану труда и уровень промышленной безопасности на данном

объекте [3].

Если инженер достаточно давно работает на производстве, и имеет определенный накопленный опыт, то первая задача не вызовет у него особых затруднений. Полный перечень оборудования, как правило, берется из спецификации проектной документации на промышленный объект оборудования. Охрана труда и уровень промышленной безопасности на объекте, как правило, представляет собой достаточно стандартный раздел. Потому более всего различных трудностей и нюансов определяется во второй половине второй задачи, которые стоит рассмотреть подробнее.

Существует три основных пути определения принципа работы оборудования на газовых хранилищах:

– организация выезда специалиста непосредственно на объект, где планируется установка оборудования и проведение пусконаладочных работ, с целью досконального изучения работы оборудования на месте; достаточно трудоемкий и затратный метод;

– привлечение к созданию документации и программы производителя работ, что достаточно сложно, ввиду постоянной и весьма плотной загруженности последнего;

– изучение паспортов на промышленное оборудование с полным описанием основополагающих принципов его работы без выезда специалиста на место.

Чаще всего используется именно третий метод, который является более оптимальным, поскольку достаточно существенно экономит время без серьезных потерь в области качества последующего проведения пусконаладочных работ [4].

Создание своей методики для каждого из типов оборудования, в настоящее время продиктовано соответствующей нормативно-технической документацией. Достаточно большое количество усилий и времени затрачивается на поиск, анализ, классификацию и правильное применение необходимых стандартов.

В методике и программе пусконаладочных работ оборудование, способы и метод проведения им своих испытаний также необходимо достаточно подробно описывать, что тоже окажет свое воздействие на длительности создания итогового документа.

Учитывая все описанное выше можно сделать вывод, что основная трудность в процессе создании программы и методики испытаний заключается в объеме поиска информации, ее комплексном анализе и представлении в самые сжатые сроки, установленные эксплуатационной организацией. Более того, нельзя исключать и человеческий фактор в процессе проведения подобного исследования.

Таким образом, основной целью исследовательской работы является сведение к минимуму время выполнения рутинных операций при разработке программы и методики проведения испытаний, пусконаладочных работ, сохраняя, при этом, допустимое качество выполнения всех необходимых

функций и процедур.

Список литературы

1 СНиП 3.05.05-84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы. – Введ. 1984–01–01. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 19 с.

2 ГОСТ В 15.211-78. СРПП ВТ. Порядок разработки программ и методик испытаний опытных образцов изделий. Основные положения. – Введ. 1979–08–01. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 28с.

3 Коршак А. А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов. Уфа:

4 Румянцева, Е. Л. Информационные технологии / Е. Л. Румянцева, В. В. Слюсарь. – Москва: ИНФРА-М, 2007. – 256 с.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МОЛИБДЕНА

Федоров П.Г., Крылова С.Е., Григорьев А.С., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

Известны многочисленные методы нанесения покрытий, наиболее оптимальным из которых выбран метод КИБ (конденсация и ионная бомбардировка), относящийся к методам физического осаждения покрытий. Наиболее характерной особенностью покрытий, получаемых этим методом, является отсутствие переходной зоны между покрытием и инструментальным материалом, что даёт возможность получать комплекс свойств на рабочих поверхностях инструмента, не ухудшая характеристик основы инструмента.

Молибденовые покрытия имеют хорошую адгезию с алюминием, железом, никелем и их сплавами. При температуре около 500 °С на воздухе молибден начинает испаряться, а при температуре 700 °С испарение переходит в энергично протекающую возгонку. В связи с этим рабочая температура молибденовых покрытий ограничивается температурой 400 °С. Молибден обладает высокой химической стойкостью к действию серной, соляной, фосфорной и других кислот. При достаточной толщине и непроницаемости, эти покрытия также стойки к расплавам многих солей жидкого металлического натрия. Молибденовые покрытия отличаются высокой твердостью (400…900 HV). Однако самым важным свойством является хорошая прирабатываемость и стойкость к образованию задиров, что объясняется химическим сродством к сере и способностью образовывать с содержащейся в смазке серой дисульфидмолибдена, обладающий свойствами сухой смазки. Учитывая вышеуказанные характеристики, тонкие молибденовые покрытия применяют, как самостоятельный способ подготовки поверхности для повышения износостойкости шеек осей и валов машин особо ответственного назначения, а также в качестве защиты от абразивного износа лопастей вентиляторов, подверженных эрозионному действию угольной пыли, для ремонта и повышения стойкости штампов.

Целью работы послужило изучение структуры фазового состава и распределения химических элементов в поверхностном слое режущего инструмента, после нанесения покрытия на основе молибдена вакуумно-плазменным методом.

Вакуумный пост ВУП-1 предназначен для нанесения на подложку тонких металлических и углеродных пленок в вакууме. Высокий вакуум в рабочем объеме создают с помощью паромасляного диффузионного насоса. Для предварительной откачки вакуумной системы служит механический форвакуумный пластинчато-роторный насос. С целью предотвращения попадания в рабочий объем паров масла из диффузионного насоса на впускной фланец последнего установлена азотная ловушка (металлическая емкость, в которую заливается жидкий азот). Измерение давления в рабочем объеме

осуществляют с помощью двух манометрических ламп – термопарной (форвакуум) и ионизационной (высокий 680 вакуум). Вакуумная система поста ВУП-1 уверенно обеспечивает создание вакуума в рабочем объеме до 10-5 мм. рт. ст.

Структура покрытия полученного в данных условия представлена на рисунке 1. Микроструктурные исследования выполняли методом электронной растровой микроскопии на приборе JEOL – 6000 NeoScope с использованием энергодисперсионного рентгеновского анализатора (EX – 54400T1L11).

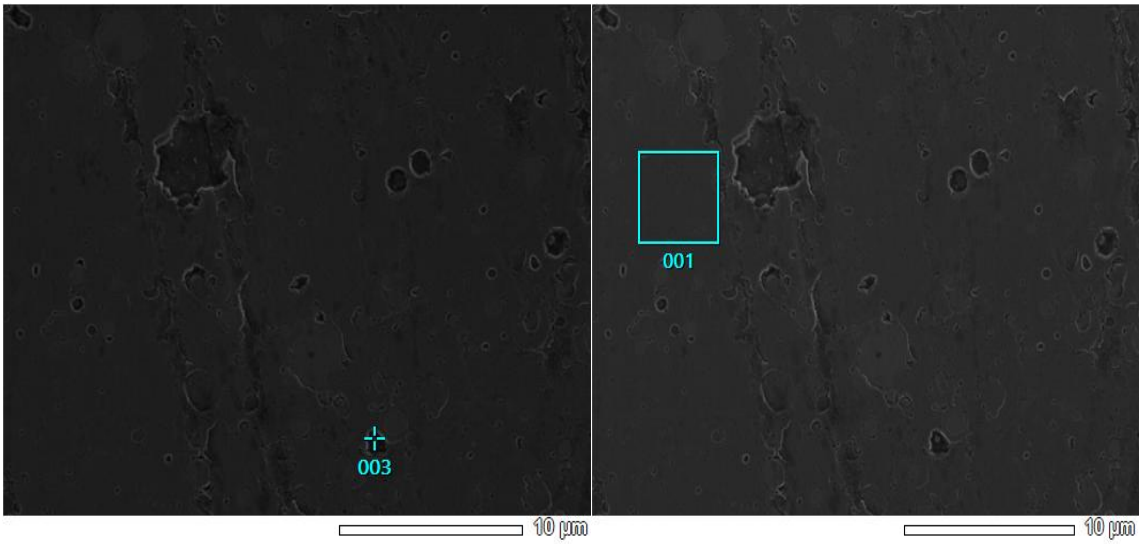


Рисунок 1- Микроструктура покрытия на основе молибдена

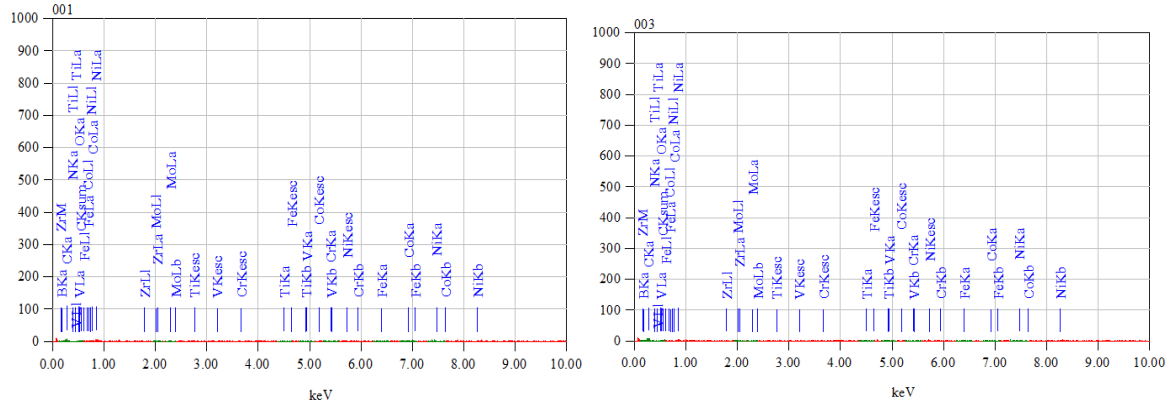


Рисунок 2- Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя покрытия

Таблица 1- Химический состав спектра 001 в % по массе

C	N	Ti	Co	Mo
58.25	2.18	0.38	4.54	34.65

Таблица 2- Химический состав спектра 003 в % по массе

C	N	V	Fe	Co	Ni	Zr
67.84	4.14	6.62	6.62	2.47	9.27	3.44

Структурные исследования поверхности полученного покрытия показали, что в исследуемом объекте наблюдается сложное трехфазное строение. Металлическая основа представляет собой смесь двух твердых растворов на основе железа (феррита и аустенита), в которых зафиксирован различный состав легирующих элементов (спектр 001), и обособленную карбидную фазу (спектр 003) на основе карбида молибдена Mo_2C.

В спектре 001, являющимся участком металлической основы покрытия, растворены легирующие элементы следующего состава: C- 58.21%; N- 1.58%; Ti- 0.38%; Co- 4.54%; Mo- 34.65%. Спектральный химический анализ указанной области показывает, что молибден находится не только в виде обособленных включений карбидов, часть его, до 35%, растворена в металлической основе, что обуславливает равномерное повышение конструкционной прочности покрытия в целом.

Техника реализации и сущность метода рентгеноспектрального анализа предусматривает определение полного спектра химических элементов в выделенном объеме сплава, однако точный фазовый состав при этом остается неизвестным. Результаты рентгеноструктурных исследований представлены на рисунках 3, 4.

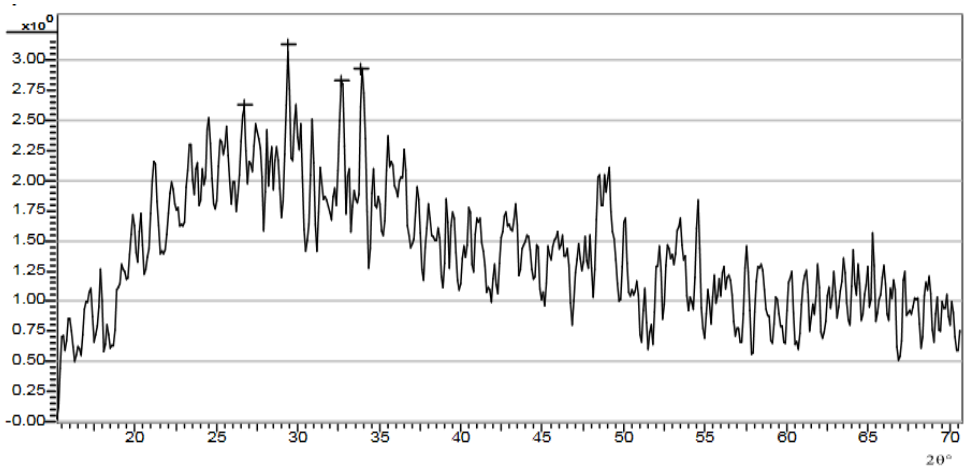


Рисунок 3- Рентгенограмма покрытия на сталях в интервале углов 2θ° от 0 до 70 градусов

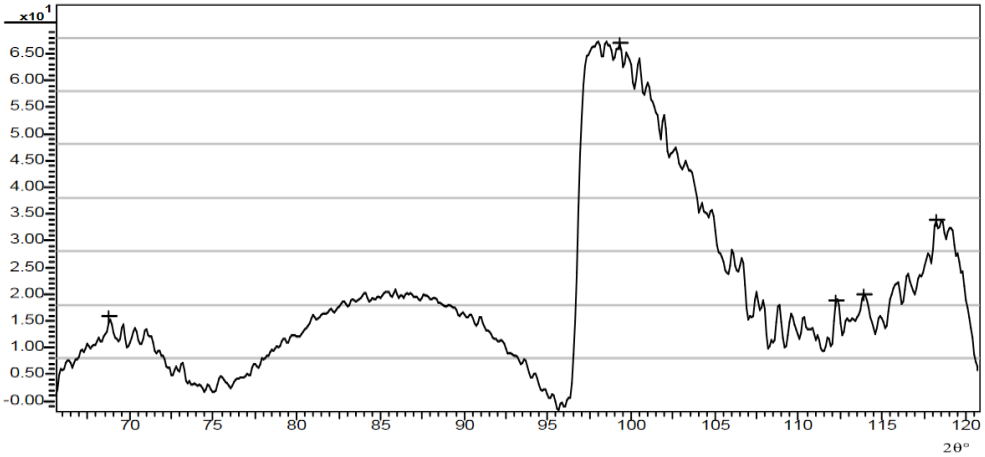


Рисунок 4 – Рентгенограмма покрытия на стали в интервале углов 2θ° от 70 до 120 градусов

Для выявления качественного фазового состава полученного покрытия использовали рентгеновский минидифрактометр МД-3. Результаты расшифровки рентгенограмм представлены в виде сводной таблицы 3.

Таблица 3- Кристаллографические характеристики, идентифицированных в покрытии фаз

в интервале углов 2θ° от 0 до 70 град				
пик	2θ°	d	HKL	Фаза
1	26,70	3,33	110	Ti
2	29,39	3,03	100	CoTi
3	32,67	2,74	100	Zr
4	33,90	2,64	002	Zr
интервал углов 2θ° от 70 до 120 град				
пик	2θ°	d	HKL	Фаза
1	68,75	1,36	103	CoC_2
2	99,29	1,010	220	α-Fe
3	112,26	0,92	420	VC
4	113,21	0,91	136	Mo_2C
5	118,21	0,89	213	Mo_2C

Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ позволил установить тип карбидных соединений полученного покрытия, а также кристаллографические характеристики и параметры кристаллической решетки отдельных фаз. Так в матрице сплава на железной основе равномерно распределены специальные карбиды типа Mo_2C, VC, наряду с которыми в качестве атомов внедрения в кристаллической решетке основы покрытия присутствуют атомы Zr и Ti, а также сложные карбидные и интерметаллидные соединения на основе Co, типа CoTi и CoC_2. Подобное сложное строение покрытия на основе карбида молибдена Mo_2C позволило получить твердость поверхности в пределах 10,5 – 11,2 ГПа.

Список литературы

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

2. Бондарь А.В., Смоленцев Е.В. Криогенно-эрозионное упрочнение металлических изделий // Упрочняющие технология и покрытия. 2006. №4. С. 17-22.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЬНЫХ ЖГУТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

Филиппов В.В., Осипов Е.В.
АО «ВПК «НПО машиностроения» - филиал КБ «Орион»
г. Оренбург

Стратегическим предназначением предприятий ракетно-космической отрасли России является формирование и обеспечение инновационных ответов на глобальные вызовы национальной безопасности России в области вооружений, военной техники и космических систем, высоких информационно-насыщенных технологий двойного и гражданского назначения [1].

Выполнение такого предназначения не возможно без стремления занять лидирующие позиции в мировой экономике, без стремления к повышению конкурентоспособности своей продукции, обеспечению гарантированного уровня качества на всех этапах жизненного цикла изделий и роста производства наукоемкой продукции.

Применение информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий (ИПИ-технологии) является важнейшим направлением, следуя которому можно обеспечить рост конкурентоспособности выпускаемой продукции и эффективности производства.

Одной из ступеней ИПИ-технологий является электронный архив технической и административной документации (Technical Data Management - TDM) - электронный аналог бумажного архива документации по изделию, представляющий собой базу данных на электронных носителях.

Такой TDM системой является программный комплекс Search - система ведения архива технической документации предприятия и управления данными об изделиях, разработанная белорусской компанией ИНТЕРМЕХ.

В состав Search входят не только инструменты для ведения электронного архива изделий, но и ряд программных продуктов (ПП) облегчающих работу конструкторов и технологов предприятия [2].

Такие инструменты как ПП IMBase - справочно-информационная база данных конструкторско-технологического назначения, предназначенная для создания, пополнения и ведения иерархических баз данных стандартных элементов, материалов и других объектов, используемых службами предприятия в процессе технической подготовки производства, а также ПП «Интермех AVS» - система разработки комплекта текстовой конструкторской документации, предназначена для разработки в диалоговом и автоматическом режимах комплекта текстовой конструкторской документации (спецификации, ведомости и другие конструкторские документы, разбитые на графы) [3].

Вместе с тем не во всех случаях можно применить всю мощь этих программных продуктов без дополнительной доработки в связи со спецификой задач стоящих перед конструкторскими подразделениями.

Современные ракеты это не только передовые разработки в сфере ракетных двигателей, новейших композитных материалов для оболочек, но и современные, передовые разработки в электронике и электротехнике.

Ни одна современная ракета не покинет свою стартовую установку без электрических сигналов принятых с пульта управления. И ни одна ракета не выполнит свою миссию без сложнейших электронных схем управляющих навигацией, стабилизацией, расходом топлива и другими системами на всем протяжении полета, будь это пилотируемый комплекс или сверхзвуковая ракета, предназначенная для поражения целей.

Электронные системы являются мозгом любой современной ракеты, отдельные части которого соединенные между собой «нервами» состоящими из десятков километров кабельных трасс состоящих из проводов, соединителей, изоляторов, оплеток и других элементов, связанных в электрические жгуты. Все эти жгуты при разработке ракеты необходимо проложить по внутренней части ракеты таким образом, чтобы они гармонично соединились с другими системами ракеты, не мешали этим системам, были достаточного сечения для обеспечения прохождения необходимого сигнала, но и в то же время были достаточно легкими для увеличения полезной нагрузки изделия.

Таким образом, перед конструктором проектирующим кабельные трассы ракеты стоит ряд задач, среди которых выбор материалов входящих в жгуты, расчет длин проводов и расчет массы жгутов.

Для расчетов электрических жгутов применяется ГОСТ 23586-96 [4]. В соответствии с этим ГОСТом применяются различные методы расчета длин кабельных проводников в жгуте его диаметр и различные оплетки, обмотки и изоляторы.

Конструктор, используя эти методики, производит расчет параметров жгута и на этой основе составляет спецификацию. Спецификация оформляется с использованием ПП «Интермех AVS», поэтому после ручных расчетов по формулам на бумаге конструктор должен все параметры жгута перенести в электронный вид в ПП «Интермех AVS». Основной проблемой при ручном расчете длин участков и всех цепей кабельных жгутов является то, что при изменении длины хотя бы одного участка в жгуте необходимо начинать весь расчет жгута снова. Так же принятие решения об изменении сечения или материала одного проводника в жгуте повлечет за собой пересчет всего диаметра жгута и соответственно пересмотр всех оболочек или обмоток жгута что повлияет на общую массу жгута. Нельзя исключать и «человеческий фактор» - простые математические ошибки при пересчете большого количества формул.

Все эти «узкие» места требующие больших временных затрат на механическое пересчитывание большого объема цифр, что привело к необходимости автоматизации расчетов электрических жгутов.

Автоматизация расчета выполнена с применением знаний ИТ-отдела после тщательного анализа ручного труда конструктора. Результатом анализа

стал алгоритм и формулы для расчета электрического жгута, необходимые для создания программы автоматизирующий ручной процесс (рисунок 1).

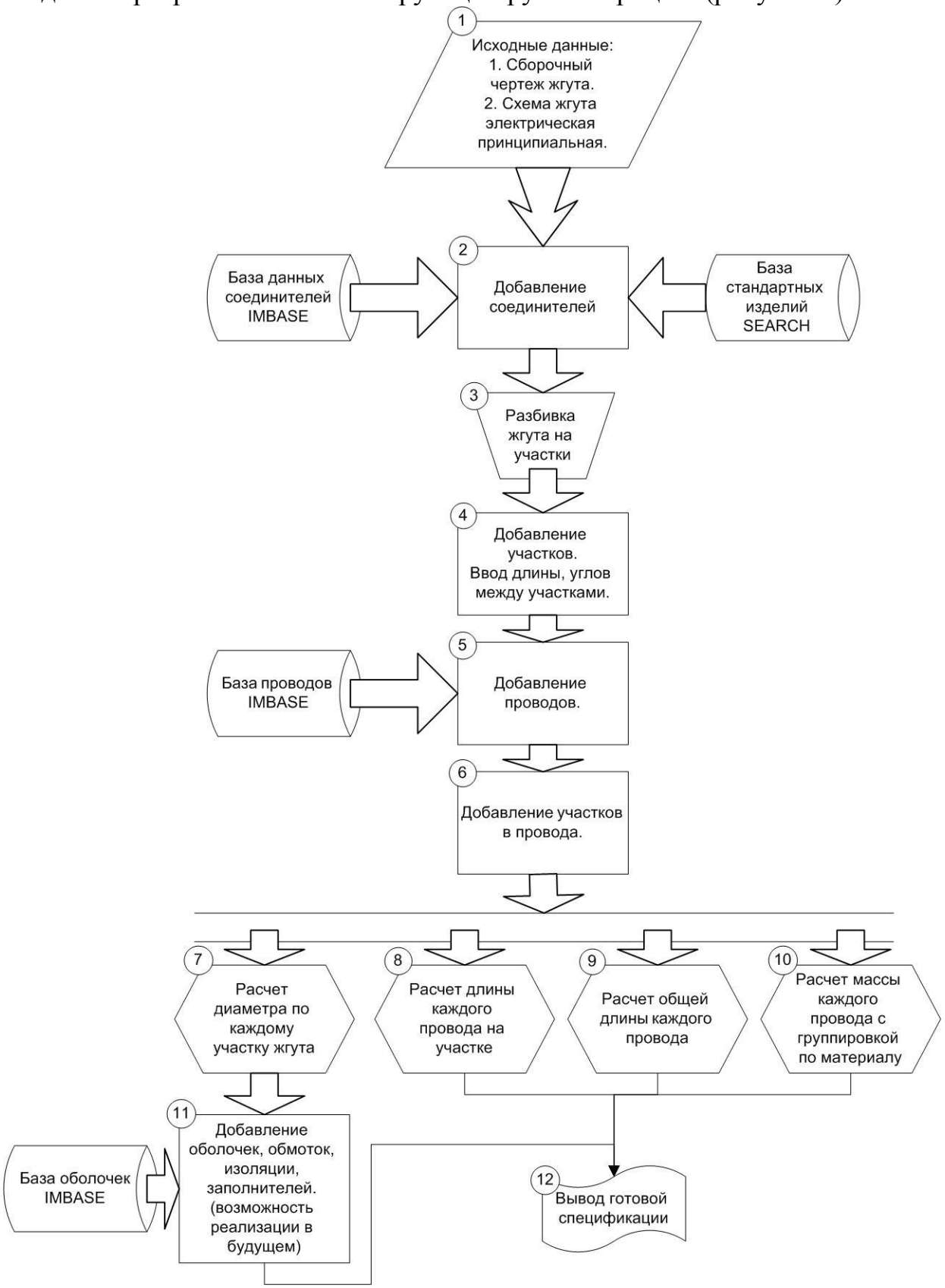


Рисунок 1. Алгоритм расчета электрического жгута

Изучив чертежи и принципиальные электрические схемы жгутов, все взаимосвязи и механизмы функционирования была составлена математическая модель жгута, представленная в виде таблиц базы данных в системе СУБД MS SQL [5], изображенная на рисунке 2. Все основные требования, предъявляемые к математической модели были соблюдены: достоверность, полнота, не избыточность, приемлемая трудоемкость.

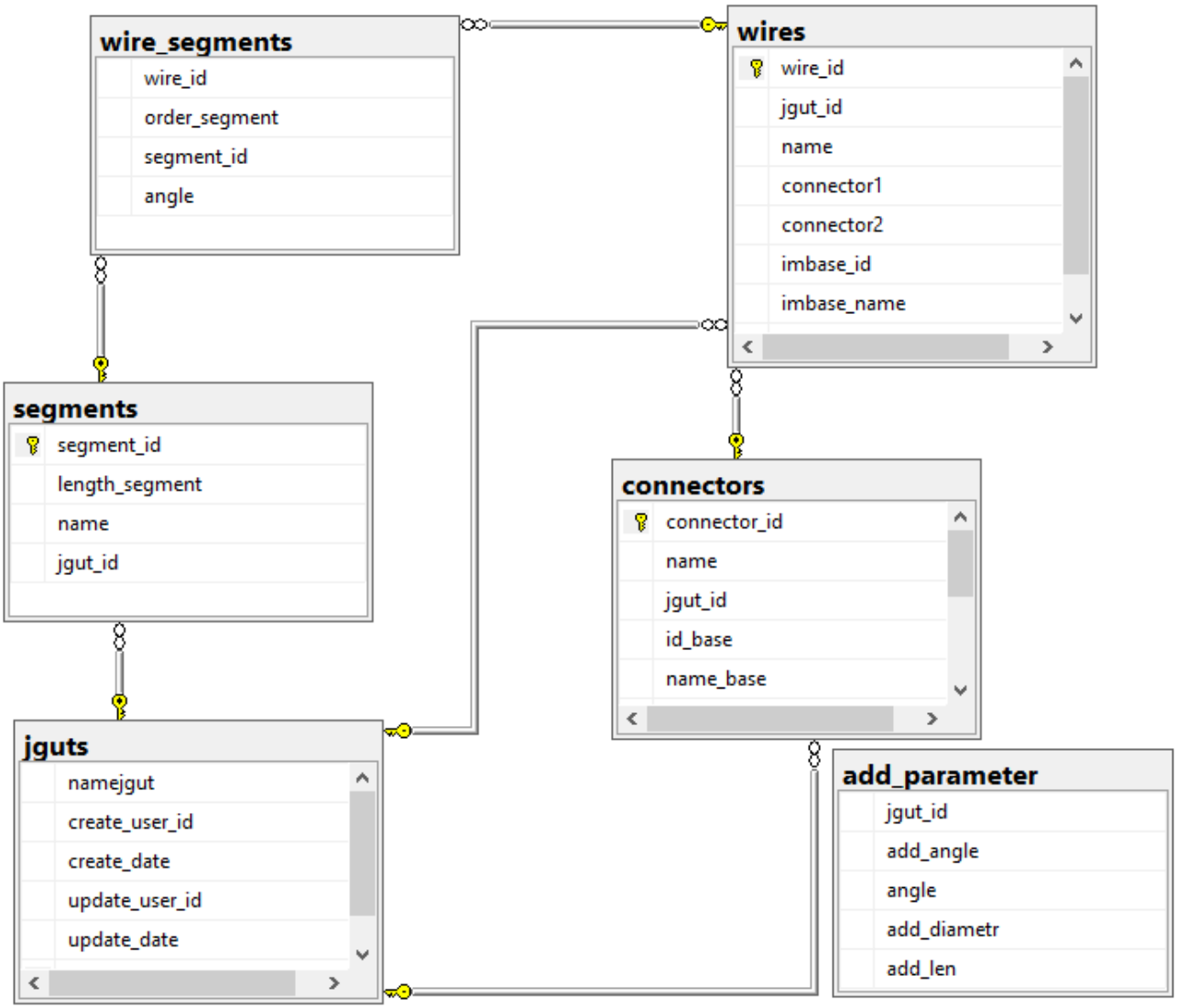


Рисунок 2. Математическая модель жгута в виде таблиц базы данных в системе СУБД MSSQL

Для написания программы реализующей механизм автоматизации расчета на основе созданной математической модели бы выбран язык программирования C# (си-шарп) и платформа .NET(дот нет).

Программу разделили на четыре модуля. Первый модуль DAL (Data Access Layer) доступ к данным и подсистема взаимодействия с базой данных и вызов хранимых процедур СУБД MSSQL, модуль ввода данных и расчета и модуль вывода данных в виде XML. Также одним из модулей может считаться набор процедур хранимых в базе данных и реализующих всю низкоуровневую

работу с таблицами базы данных, соблюдение целостности базы данных и другие необходимые механизмы.

В процессе реализации были изучены механизмы взаимодействия со сторонним программным продуктом Intermeh Search и базой данных материалов IMBASE использующим собственные механизмы Application Programming Interface (API). Механизмы авторизации и аутентификации реализованы на основе API функций Search.

Справочно-информационная база данных ПП IMBase является мощным и гибким инструментом для хранения системы таблиц материалов и другой конструкторско-технологической информации использование которого существенно упрощает доступ к справочникам содержащим соединители, материал проводов и т.д.

Процесс ввода исходных данных не представляет сложности для конструктора знакомого с работой системы Search и является интуитивно понятным. Все данные вводимые пользователем программы записываются в базу данных и на любом этапе ввода имеется возможность изменить любой из введенных элементов.

После завершения ввода всей необходимой информации программа автоматически рассчитывает диаметры на всех участках, длины каждого проводника от соединителя до соединителя, суммарную длину всех проводов с разбивкой по типу провода и массу всех элементов включенных в жгут.

Основное преимущество автоматизированного расчета жгутов проявляется в возможности автоматического пересчета всех результирующих данных при изменении любого параметра жгута.

Результаты расчета в виде XML файла выгружаются на диск и содержат всю необходимую информацию для экспортирования этого файла в ПП «Интермех AVS».

Таким образом, реализованная система позволяет автоматизировать весь ручной расчет электрического жгута начиная от ввода данных до создания готовой спецификации в системе разработки комплекта текстовой конструкторской документации ПП «Интермех AVS», что существенно сокращает сроки подготовки конструкторской документации, уменьшает вероятность ошибок и избавляет конструктора от рутинного труда освобождая время для творческого подхода в проектировании.

Список литературы

1 Стратегичское предназначение НПО Машиностроения. – Режим доступа http://www.npomash.ru/society/ru/strateg.htm

2 Search. Руководство пользователя. Интермех. – Режим доступа http://www.intermech.ru

3 Сайт компании ИНТЕРМЕХ. – Режим доступа http://www.intermech.ru

4 Межгосударственный стандарт. ГОСТ 23586-96. «Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Технические требования к жгутам и их креплению».

5 ПетковичДушан. MicrosoftSQLServer 2012. Руководство для начинающих /Петкович Душан// – 2012.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЛИРА 10.6 В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент,
Пояркова Е.В., д-р. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

В настоящее время программный комплекс ЛИРА 10.6 является современным расчетным комплексом для численного исследования прочности, жесткости и устойчивости строительных и машиностроительных конструкций методом конечных элементов.

Отличительной чертой данного программного комплекса от предыдущих версий и аналогичных программ, таких как ЛИРА САПР и SCAD, является интегрированная среда, которая включает основные функции предшествующих подпрограмм.

Создание расчётных схем, просмотр результатов, конструирование элементов и подготовка отчёта происходит непосредственно внутри одного программного комплекса в единой интегрированной среде, что позволяет существенно сэкономить время, а так же на любом этапе изменить, дополнить и модифицировать создаваемую конструкцию.

Благодаря графической системе, есть возможность эффективно генерировать конечно-элементную модель и визуализировать результаты расчета.

Интерфейс включает в себя современные графические технологии, позволяющие ускорить процесс формирования расчётных моделей. Позиционирование и предварительный просмотр помогают пользователю при создании расчётной модели, мониторинге и диагностировании задач.

Библиотека конечных элементов позволяет создавать компьютерные модели практически любых конструкций: традиционные типы конечных элементов, двух- и трёхмерные конечные элементы. Реализован стержень переменного сечения, в том числе и с учётом секторального момента инерции.

Связь с графическими, расчётными и документирующими системами осуществляется как на основе интеграции программных модулей, так и на основе множества универсальных и узкоспециализированных форматов.

Внешнее воздействие задается в виде распределённых нагрузок по области или грани, сосредоточенных (узловых) нагрузок, температурных и динамических (импульс, периодическое воздействие, ветер, сейсмика).

Граничные условия задаются для перемещений и поворотов узлов в глобальной или локальной системах координат.

Решение задачи об определении наиболее опасных сочетаний нагрузок обеспечивает взаимосвязь между результатами расчета на различные нагрузки и конструированием элементов.

Для решения этой задачи применяются различные подходы:

– определение расчетных сочетаний усилий (РСУ);

– определение расчетных сочетаний нагрузок (РСН).

В программном комплексе ЛИРА 10.6 появилась улучшенная возможность использования архитектурных элементов для моделирования конструкций, позволяющая значительно упростить и ускорить моделирование, в отличие от конечных элементов. Эта технология позволяет создать обратную связь с одним из самых распространенных и активно используемых программных продуктов BIM-технологий – AutodeskRevit.

В программный комплекс ЛИРА 10.6 можно экспортировать расчетные модели из Revit, Autocad, Nanocad, Archicad, Tekla, AdvanceSteel, AdvanceBocad, Компас-3D и другие.

Кафедрой механики материалов, конструкций и машин (ММКМ) Оренбургского государственного университета в рамках гранта правительства Оренбургской области в сфере научной и научно-технической деятельности «Разработка научно-технических решений и внедрение эффективных методов восстановления работоспособности металлоконструкций и оборудования ответственного назначения на предприятиях Оренбургской области» был приобретен у компании-разработчика Лира софт (https://lira-soft.com) программный комплекс ЛИРА 10.6 на 20 учебных мест и установлен в одной из учебных аудиторий кафедры.

Благодаря проекту по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса, реализуемому в Аэрокосмическом институте, стало возможным прохождение повышения квалификации преподавателей кафедры ММКМ по программе «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА 10.6» в ООО «ЛИРА софт» АНО ДПО КУЦ «ИНФАРС», г. Москва.

Были разработаны и зарегистрированы дополнительная профессиональная программа повышения квалификации по модулю «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА»,рабочая программа модуля и учебный план. В Межотраслевом региональном центре повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов (МРЦПК и ППС) Оренбургского государственного университета объявлен набор слушателей по программе повышения квалификации «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА». Обучение проводится с использованием версии ЛИРА 10.6. Объем программы 72 часа.

С целью информатизации был разработан буклет (рисунок 1), который размещен на сайте Оренбургского государственного университета (https://osu.ru), в социальной сети «В Контакте» в открытой группе «Кафедра механики материалов конструкций и машин» (https://vk.com/mechanics_osu), на досках информации институтов и факультетов, а также в рассылках предприятиям города, деятельность которых связана с проектированием и расчетами.

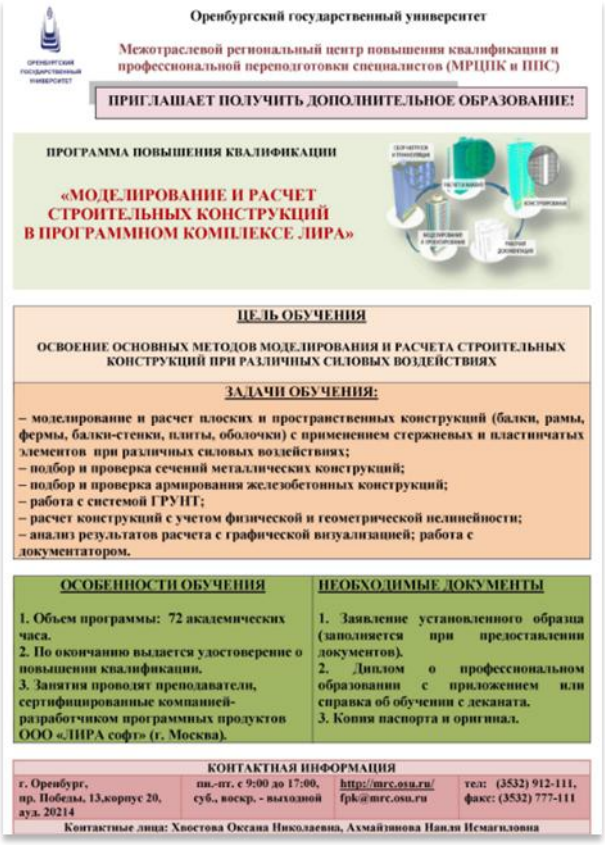


Рисунок 1 – Информационный буклет

Образовательная программа «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА» направлена на развитие профессиональных компетенций, обеспечивающих владение общими и специализированными знаниями в области компьютерных технологий при моделировании и расчете строительных и машиностроительных конструкций:

– научиться оптимальной работе с программой и получить полезные знания в инженерных вопросах;

– решать комплексные задачи по расчету и проектированию стальных и железобетонных конструкций;

– самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения.

Слушатель, освоивший программу, будет владетьнавыками работы с прикладным программным обеспечением ЛИРА 10.6 по созданию моделей и их расчету,методами создания плоских и пространственных расчетных схем с применением стержневых и пластинчатых элементов; сможетприменить полученные знания при самостоятельном освоении и использовании программного средства при моделировании и расчете конструкций, выполнять подбор и проверку принятых сечений, выполнять проверку и подбор армирования железобетонных конструкций, выполнять расчет с учетом статических и динамических воздействий, выполнять расчет в линейной и нелинейной постановке, определять распределение температурных полей для

конструкций произвольной геометрии с дальнейшим определением напряженно-деформированного состояния, по заданной геологии и физико-механическим характеристикам слоев грунта выполнять построение трехмерной модели грунта, на основе которой можно производить генерацию грунтового массива в конечно-элементную модель основной схемы, анализировать и обосновывать полученные результаты, оформлять отчет по полученным результатам; освоит рациональные приемы моделирования и расчета элементов конструкций, алгоритмы построения и анализа конструкций, методы расчета конструкций в зависимости от этапов создания расчетной модели, состава конструктивных элементов и других параметров, необходимых в исследовании прочности и долговечности, согласно действующим нормам Российской Федерации.

В настоящее время образовательная программа «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА» успешно реализуется в МРЦПК и ППС Оренбургского государственного университета, слушатели – студенты уровней высшего образования бакалавриата и магистратуры Архитектурно-строительного, Транспортного факультетов Оренбургского государственного университета, Архитектурно-строительного факультета Южно-Уральского государственного университета, а также представители строительных и проектных организаций г. Оренбурга.

Опыт проведения образовательных курсов показал, что полученные обучающимися знания, будут полезны при изучении инженерных дисциплин, выполнении курсового и дипломного проектирования, создании конкурсных проектов и написании научных статей, для участия в конференциях различного уровня.

Список литературы

1 Сайт компании «ЛИРА софт», являющейся правообладателем программного комплекса ЛИРА 10. – Режим доступа: http://lira-soft.com.

2 Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – Киев : Изд. ФАКТ, 2005. – 344 с.

2 Открытая страница кафедры механики материалов, конструкций и машин Оренбургского государственного университета в социальной сети «ВКОНТАКТЕ». – Режим доступа: https://vk.com/mechanics_osu?w=wall-166265051_364.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА КАК ГАРАНТ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ (АНАЛИЗ ОПЫТА АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА)

Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент
Оренбургский государственный университет

При оценке качества образования, как отмечено в ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [1], определяется соответствие образовательной деятельности и подготовки обучающегося требованиям федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы. Поэтому образовательный процесс должен быть организован таким образом, чтобы у абитуриента, ставшего обучающимся первого курса, за время учебы были сформированы требуемые компетенции, приобретены необходимые знания, умения и навыки, и он стал конкурентноспособным выпускником.

Одним из основных факторов, определяющим качество образования, является методическое обеспечение (МО). Руководящими документами, используемыми при создании МО, являются Федеральные законы, Федеральные государственные образовательные стандарты по соответствующим направлениям подготовки, Приказы Министерства о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования.

Понятие и состав методического обеспечения на основании имеющихся в педагогической литературе определений данного термина рассмотрены в работе [2]. Как показал приведенный анализ, термин «методическое обеспечение» в педагогике используется как процесс и как результат.

В данной статье остановимся на рассмотрении МО учебного процесса как результате.

Методическое обеспечение как результат включает совокупность всех учебно-методических документов, представляющих собой системное описание образовательного процесса, который впоследствии будет реализован на практике. Эти документы отличаются разнообразием, но сформулируем общие требования к ним. МО направления подготовки, дисциплины, темы или модуля представляется в виде некоторого комплекса, который должен соответствовать реализуемым образовательным программам; содержать дидактический материал, позволяющий обучающемуся достигать требуемого уровня усвоения; представлять обучающемуся возможность в любой момент времени проверить эффективность своего труда, самостоятельно проконтролировать себя и откорректировать свою учебную деятельность.

Разработке методического обеспечения в Аэрокосмическом институте (АКИ) Оренбургского государственного университета (ОГУ) способствуют следующие условия:

– имеются квалифицированные научно-педагогические работники, регулярно проходящие повышение квалификации в ОГУ, ведущих вузах, организациях, на предприятиях оборонно-промышленного комплекса;

– создана новейшая учебно-научная лабораторная база, включающая оборудование лабораторий быстрого прототипирования; материаловедения, пробоподготовки и испытаний; аэродинамики; станков с ЧПУ; автоматизированных измерений; автоматики и робототехники; развитие ее осуществляется благодаря финансовой поддержки грантов и хоздоговоров [3];

– применяется лицензионное программное обеспечение;

– реализуются проекты по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса [4, 5].

Так, в 2017 году доценты кафедры механики материалов, конструкций и машин прошли обучение в АНО ДПО «Консультационно-учебный центр «ИНФАРС» (г. Москва) по программе «Моделирование и расчет строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА», затем благодаря гранту правительства Оренбургской области программный комплекс был приобретен и сейчас успешно внедряется в учебный процесс. А в апреле 2018 года при содействии Межотраслевого регионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ОГУ успешно стартовала программа повышения квалификации.

Если проанализировать состав МО направления подготовки, то в него входят для каждого года набора учебный план, общая характеристика образовательной программы, рабочие программы, фонды оценочных средств. Разработка этих документов является трудоемким итерационным процессом. В настоящее время в АКИ осуществляется подготовка по очной и заочной формам обучения: по 9 направлениям подготовки бакалавров (9 профилям), 8 направлениям подготовки магистров (10 магистерским программам), 4 направлениям подготовки кадров высшей квалификации (5 направленностям). Поэтому только для 2014-2017 годов набора разработаны порядка 2200 рабочих программ, и это без учета программ аспирантуры.

Учебные издания являются составляющими МО дисциплины, практики. Сведения о динамике их издания преподавателями АКИ представлены на рисунке 1. Следует отметить тенденцию к возрастанию количества изданных учебных пособий. А уменьшение публикационной активности в 2015, 2016 годах связано с переходом на обучение по ФГОС и разработкой новых рабочих программ.

Для выполнения требований ФГОС по формированию электронной информационно-образовательной среды, обеспечения удаленного доступа к образовательным ресурсам и проведения самостоятельной работы разрабатываются электронные учебные материалы, которые после их

внедрения в учебный процесс регистрируются в Университетском фонде электронных ресурсов (УФЭР ОГУ).

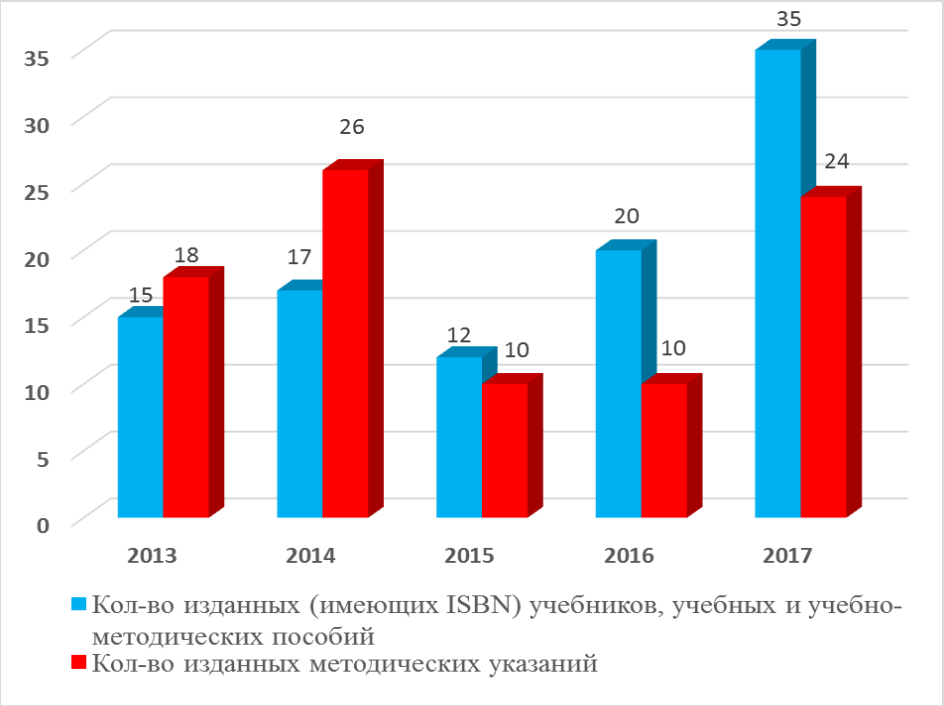


Рисунок 1 – Издание учебных пособий и методических указаний

На рисунке 2 приведены сведения о динамике регистрации электронных ресурсов в УФЭР ОГУ. Как видно, увеличивается количество зарегистрированных курсов в системе обучения Moodle, особенно активно выполняют данную работу на кафедре управления и информатики в технических системах. Увеличивается разработка и компьютерных лабораторных практикумов, и гиперссылочных учебных пособий.

Рисунок 2 – Регистрация электронных ресурсов в УФЭР ОГУ

Завершающим этапом обучения в университете является государственная итоговая аттестация, целью которой является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и образовательной программы соответствующего направления подготовки с учетом направленности (профиля) [6]. Государственная итоговая аттестации на большинстве направлений подготовки, реализуемых в АКИ, включает государственный экзамен и защиту выпускной квалификационной работы (ВКР). В качестве методического обеспечения данного этапа обучения используются учебные издания по основным изучаемым дисциплинам; методические указания по выполнению отдельных разделов ВКР; учебные издания для специалистов.

Следует отметить положительный опыт методической поддержки выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР), реализуемой на кафедре технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. В качестве примера на рисунке 3 приведены данные по используемому методическому обеспечению для обучающихся направления подготовки бакалавров 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

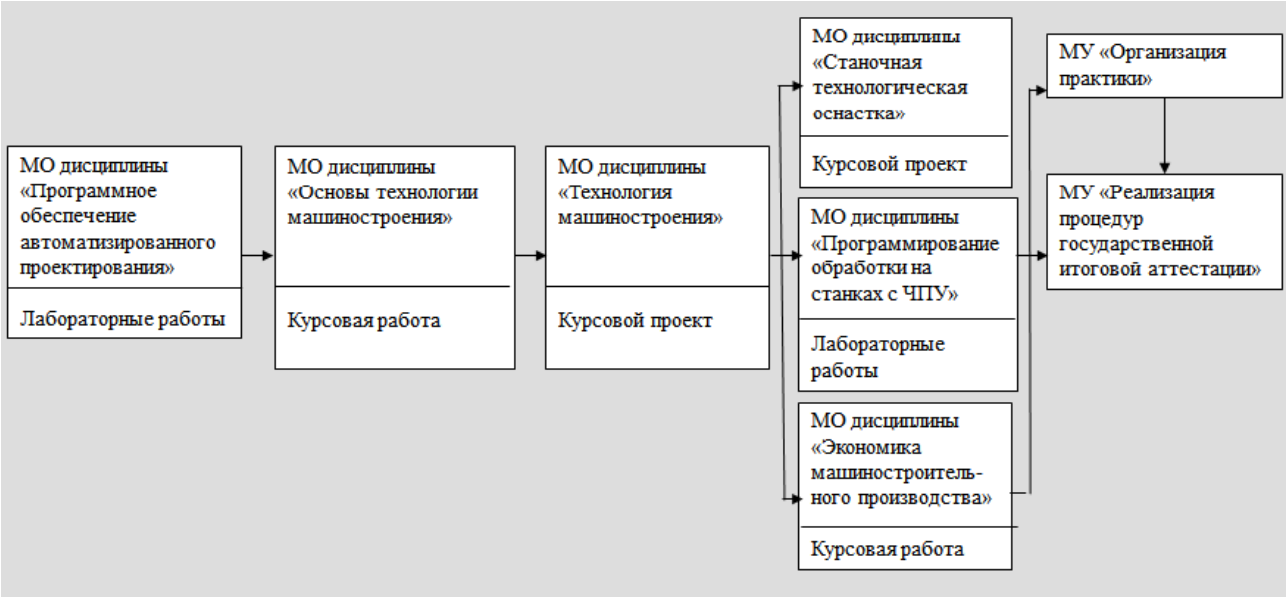


Рисунок 3 – Методическая поддержка государственной аттестации по направлению подготовки бакалавров 15.03.05

Работа над ВКР организована таким образом, чтобы во время изучения специальных дисциплин, в рамках выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах и в ходе курсового проектирования обучающийся выполняет разделы ВКР. Результат работы, полученный при изучении одних дисциплин, является исходной информацией или ограничениями при выполнении других работ. На втором курсе обучающемуся выдается базовое задание. Оно содержит задания по основным разделам ВКР, которые должны

быть выполнены в ходе изучения дисциплин. Для реализации такого пилотного варианта проектного обучения используется МО соответствующих дисциплин, методические указания по практикам и методические указания по процедурам государственной итоговой аттестации.

Проводимая в АКИ методическая работа способствовала созданию условий для повышения эффективности обучения и качества успеваемости. На рисунке 4 приведены сведения о результатах рейтинговой оценки деятельности Аэрокосмического института в 2017 и 2018 годах по таким показателям учебной работы, как «Успеваемость» и «Качество успеваемости».

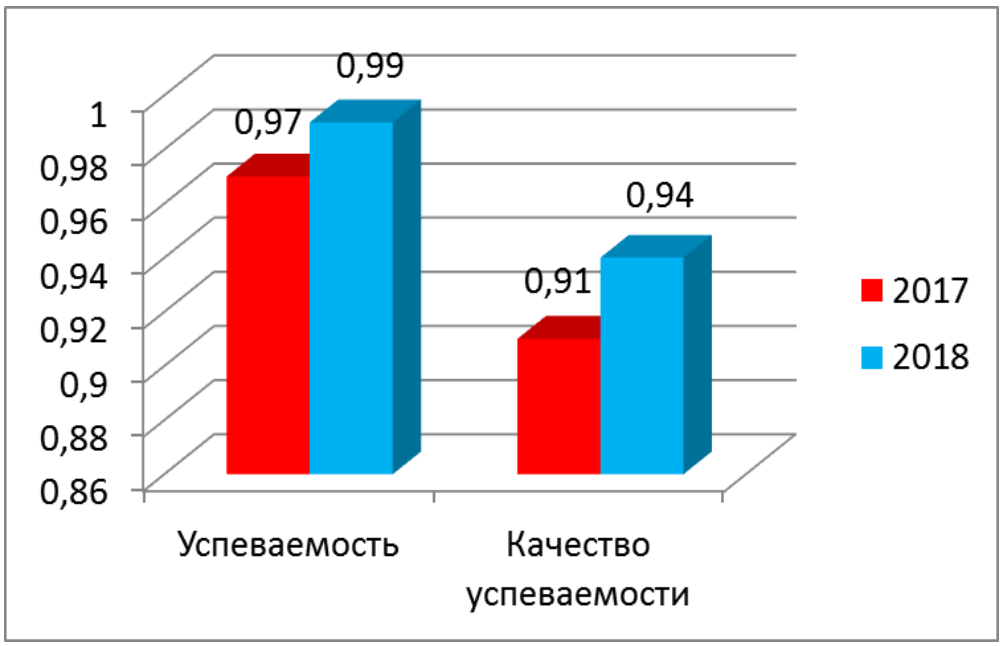


Рисунок 4 – Сведения о результатах рейтинговой оценки деятельности Аэрокосмического института в 2017 и 2018 годах по учебной работе

Следует отметить и проблемы, возникающие при разработке методического обеспечения:

– переход на уровневую подготовку, когда требуется адаптация разработанного ранее методического материала, ориентированного на подготовку специалиста;

– высокая трудоемкость создания МО для занятий, на которых используется сложное производственное оборудование, современные программные средства;

– отсутствие у научно-педагогических работников навыков использования эффективных технологий проектирования и совершенствования МО;

– необходимость учета в МО трудовых функций в соответствии с профессиональными стандартами и возросших требований работодателей к профессиональной подготовленности выпускников.

Но, не смотря на указанные причины, преподаватели АКИ прилагают все усилия для обеспечения образовательного процесса методической документацией, что является гарантом качества образования.

Список литературы

1 Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

2 Логинова, С.Л. Методическое обеспечение как важная составляющая методической работы преподавателя вуза / С.Л. Логинова // Акмеология профессионального образования: материалы 12 Всероссийской научно-практической конференции; Российский государственный профессионально-педагогический университет, 12-13 марта 2015 г. – Екатеринбург, 2015. – С. 227-231.

3 Сердюк, А.И. Аэрокосмический институт ОГУ как учебно-научный центр / А.И. Сердюк, А.Н. Поляков, А.Б. Радыгин // Высшее образование в России. — 2014. – № 7. – С. 115-122.

4 Радыгин, А.Б.Подготовка кадров для оборонно-промышленного комплекса в Аэрокосмическом институте ОГУ / А.Б. Радыгин, Е.В. Щавелев, С.В. Белов, А.И. Сердюк// Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. – С. 217-222.

5 Маркман, А.М. Реализация в ОГУ целевой подготовки молодых специалистов в интересах предприятий ОПК / А.М. Маркман, А.Д. Горбачев, А.И. Сердюк // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – С. 560-564.

6 Положение о государственной итоговой аттестации выпускников ОГУ, осваивающих образовательные программы высшего образования. – Оренбург: ОГУ. – Режим доступа: http://www.osu.ru/doc/847.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ МЕТАЛЛОВ

Черняев Б.О., Петров Д.В.
Оренбургский государственный университет

Сложно представить современный мир без наличия в нем металлов и их сплавов, которые являются наиболее важными конструкционными элементами для большинства машин и механизмов. Повсюду, где используется металлическая техника создаются взаимодействия с веществами, которые их постепенно разрушают:

- ржавление металлических конструкций в атмосфере (конструкционные элементы летательных аппаратов (ЛА), основной корпус фюзеляжа ЛА);
- ржавление баков и аппаратов растворами кислот, солей и щелочей;
- ржавление наружной металлической обшивки судов в морской и речной воде;
- окисление металлов при нагревании;
-ржавление стальных трубопроводов в земле.

Слово «коррозия» происходит от латинского слова «corrodere», что означает «разъедать».Коррозией металлов называют самопроизвольное разрушение металлических материалов вследствие химического или электро-химического взаимодействия их с окружающей средой.Способность металлов сопротивляться воздействию среды называется коррозионной стойкостью или химическим сопротивлением материала. Металл, подвергающийся коррозии, называюткорродирующим металлом, а среда, в которой протекает коррозионный процесс — коррозионной средой. В результате коррозииизменяются свойства металла и часто происходит ухудшение егофункциональных характеристик. Металл при коррозии может частично или полностью разрушаться. Химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла и коррозионной среды, называютпродуктами коррозии.

В настоящее время коррозия металлов и защита их от коррозии является важной научной проблемой. Из-за ряда нерешенных проблем с защитой металла от коррозии тормозится прогресс в промышленности, что ведет к проблемам в экономике в целом.

Актуальность данной проблемы можно выразить в следующем:

- сохранностью количества запасов металла на земле (металлический фонд), в связи с истощаемостью природных ресурсов;
- повышением надежности конструкционных элементов и объектов в целом, с целью предотвращения аварий и катастроф, сопровождаемых человеческими жертвами;
- экономическим, путем уменьшения затрат (потерь) в результате коррозии машин и механизмов.

Вследствие коррозии у людей возникли три основные проблемы:

а) социальная;

б) общемировая экономическая;

в) экологическая.

Поговорим о каждой из проблем поподробнее.

1) развитие общества неуклонно связано с ростом потребностей, вследствие этого люди организуют хозяйственную деятельность, основанную на производстве. Для бесперебойного функционирования производства необходимы аппараты, машины, механизмы и специальное оборудование, преимущественно изготовленное на основе сплавов черных и цветных металлов, а также из природных или искусственно химически стойкими материалами. В современном мире численность населения возросло до 6 млрд человек и продолжает неуклонно расти вместе с потребностями людей, причем непропорционально росту их численности, а более высокими темпами. Удовлетворить эти непрерывно умножающиеся потребности можно только за счет развития производства. Для непрерывной работы различных видов производств нужно иметь необходимое оборудование, неподверженное коррозии. В противном случае со временем оно старее или разрушается вследствие коррозии. Это приносит потери как экономические, так и экологические.

2) экономический ущерб, наносимый нашей планете процессами коррозии металлических конструкций, изделий и оборудования оценить сложно. Например, только в США ежегодные потери от коррозии, по оценкам экспертов, превышают 300 миллиардов долларов (6 % национального дохода страны). По данным зарубежных источников оценки затрат в среднем по странам мира составляют 1,5 – 4,0% ВВП.

В Российской Федерации ежегодные потери металлов из-за их коррозии достигают 12% общей массы имеющегося в стране металлофонда, что соответствует необратимой утрате более 10% ежегодно производимого металла. Этот показатель в 2014 году составил в нашей стране примерно 10 млн. тонн стали (при годовом выпуске более 70 млн. тонн), что в денежном эквиваленте превышает почти астрономическую цифру -- 4 млрд. долларов США. Каждая седьмая тонна стали, выплавляемой в нашей стране, предназначена не для нового строительства, а для ликвидации последствий коррозии.

Помимо прямых потерь, связанных с коррозией и её губительными последствиями для оборудования, конструкций и материалов, существуют еще большие косвенные потери. К ним относятся следующие расходы:

а) потеря мощности пораженного коррозией технологического оборудования;

б) вынужденный простой оборудования из-за аварий и проведения необходимых ремонтных и профилактических мероприятий;

в) расходы на ликвидацию последствий аварий и катастроф.

Необходимо отметить, что потери от коррозии в экономике год от года только нарастают, чему способствует постоянное интенсивное развитие наиболее металлоемких отраслей современной промышленности, например,

энергетики (тепловой и атомной), транспорта (в особенности трубопроводного), металлургии, нефтяной, химической и нефтехимической промышленности, а также общее ужесточение условий эксплуатации металлоконструкций как в промышленности, так и в городском хозяйстве. (40-50% машин и механизмов эксплуатируется в агрессивных средах; 30% - в средне агрессивных средах, и только 10% не подвергается активным воздействиям среды).

3) на сегодняшний день вопрос экологической проблемы, вызванной коррозией, стоит на одном из первых мест. Из 87 металлов, знакомых человечеству, 52 из них используются в человеческой деятельности. Более 20 из них токсичны и несут серьёзную опасность для людей. Загрязнение среды, нарушающее экологическое равновесие, вызывает ускорение коррозии и возможности появления новых видов коррозии, не характерных для среды с нормальной экологией. Интенсивность коррозии связана с наличием в биосфере агрессивных загрязнителей в виде газов, основным источником которых является промышленность: сернистый ангидрид, оксид и диоксид азота, диоксид углерода, аммиак, сероуглерод, хлористые соединения.

Наиболее распространёнными негативными последствиями коррозии является:

а) коррозия вызывает серьезные экологические последствия при утечке нефти, газа и др. продуктов;

б) коррозия недопустима во многих отраслях промышленности: авиации, химической нефтепереработке, атомном машиностроении;

в) отрицательное влияние на жизнь и здоровье человека.

Основной взаимосвязанной цепочкой появления коррозия является: деятельность человека → нарушение экологического равновесия → интенсивная коррозия машин, механизмов и оборудования → выбросы газа, нефти и пыли → интенсивная коррозия.

Для решения проблем, связанных с коррозией (социальные, экологические, экономические), необходимо защищать металл и его сплавы. Основными способами защиты являются: защитные пленки, легирование, силикатные покрытия, покрытия металлами, грунтовки и фосфатирование и ингибиторы.

Из всех вышеперечисленных способов защиты от коррозии наибольшее распространение получило нанесения защитных пленок, таких как лаки, краски и эмали. В связи с широкой доступностью, низкой ценой и простым механизмом нанесения. Однако самым эффективным является применение ингибиторов, которые оказывают целый ряд свойств и процессов, предотвращающих появление коррозии на металлических конструкциях.

Особенностью борьбы с коррозией в авиации заключается в том, что в самолете, в моторе и в его составных частях важно не только увеличение срока службы, но и уменьшение износа, путем предохранения от коррозии, так как воздействие ржавчины может оказать катастрофический урон для конструкций, работающих при ударных и знакопеременных нагрузках. В следствии этого конструкторы и работники авиации должны уделять внимание профилактике

коррозионных поражений. Для этого, в первую очередь, необходимо знание различных законов, в том числе теории коррозии металлов. Требуется рассмотрение общих вопросов, к которым кроме механизма коррозии металлов нужно рассмотреть следующие разделы:

1) сертификация и нормирование, как основа обеспечения качества оборудования;

2) диагностика конструкций и оборудования опасных производств и объектов;

3) оценка прочности и остаточного ресурса эксплуатируемых конструкций и оборудования объектов повышенной опасности;

4) разработка ресурсосберегающих технологий сварки и смежных процессов для повышения надежности работы конструкций;

5) экологические и социально-экономические проблемы обеспечения надежности эксплуатации потенциально опасных объектов.

Список литературы

1. Крениг, В.О. Коррозия авиационных материалов, защита от коррозии и антикоррозионные технологические процессы / В.О. Крениг, Р. С. Амбарцумян. – М.: Гос. изд. оборонной промышленности, 1999. – 174 с.

2. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семеновой, Г.М. Флорианович,А.В. Хорошилов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 416 с.

3. Экилик, В.В. Теория коррозии и защиты металлов / В.В. Экилик – Ростов-на-Дону, 2004. – 67 с.

4. Андреев, И.Н. Электрохимические технологии защиты от коррозии крупных объектов техники / И.Н. Андреев, Ж.В. Межевич, Г.Г. Гильманшин. – Казань: КГТУ, 2004. – 78 с.

ПОВЕДЕНИЕ И ВОЗМУЩАЮЩИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКОГО РАКЕТНОГО ТОПЛИВА НА РАБОТУ СИСТЕМ И КОНСТРУКЦИЮ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА

Шашков С.С., Осипов Е.В.
Оренбургский государственный университет

Аннотация.

Окислитель и горючее составляют подавляющую часть от всего веса ракеты-носителя (РН), и, как следствие этого, все динамические процессы, протекающие в топливных баках и магистралях, в значительной степени влияют на возбуждение колебаний конструкции ракеты и изменение ее центра масс.

В настоящей работе изложены проблемы, связанные с возмущениями, происходящими с жидкими компонентами ракетного топлива (КРТ) в ракете-носителе во время полета и их возможные решения.

Ключевые слова: динамические явления, демпфер, возмущение, жидкость, колебания.

Любое движение ракеты вызывает колебания и другие явления жидкостей, находящихся в системе ракеты-носителя. Возмущения происходят во всей топливной системе, включая как непосредственно топливные баки, так и трубопроводы. В следствие чего, возникают различные гейзерные, вибрационные и всплескивающие процессы с жидкостями КРТ.

Гейзерный эффект

Возникает гейзерный эффект по причине перегрева при пониженном давлении столба жидкости. Интенсивный процесс парообразования выталкивает жидкость, создавая газовые пустоты. Они при подаче топлива под давлением могут спровоцировать пиковые давления, способные разрушить трубопроводы и элементы крепления клапанов. Существует ряд способов, способные частично или полностью избавиться от этого явления. К ним относят: теплоизоляцию топливной системы, переохлаждение компонента, надув баков инертным газом, использование обратных клапанов, подпитка, циркуляция компонента по двум трубопроводам [1-3].

Вибрации и всплескивание жидкости

Вибрацию рассматривают как явление, воздействующее на непосредственное движение РН. Вследствие линейных и угловых ускорений ракеты свободные поверхности жидкостей находятся в колебательном движении. Это может привести к изменению характеристик статической устойчивости РН и ухудшению качества стабилизации относительно ее центра масс, которое может менять свое положение. Воздействие жидкого наполнения на движение центра масс ракеты происходит вдоль нормали к невозмущенной траектории и определяется несимметричным

распределением гидродинамического давления жидкости на стенки топливного бака.

Возникновение всплескивания обусловлено вибрацией и ускорением РН. Во всплескивании, как и в вибрации не вся масса жидкости вовлекается в возмущенный процесс и ее величина уменьшается с увеличением тона колебаний. Большие амплитуды всплескивания топлива в полете нарушают нормальные условия работы датчиков уровня и влияют на величину используемого остатка топлива в баках при выключении двигателя. Для уменьшения амплитуд всплескивания жидкости, вызванного динамическим возбуждением в полете должны применяться эффективные методы демпфирования.

Увеличение рассеивания энергии колеблющейся жидкости можно достигнуть при помощи кольцевых демпферов на внутренних стенках бака (рисунок 1). Однако его эффективность падает с увеличением заглубления d относительно свободной поверхности жидкости и возрастает при использовании в перегородках перфорированных поверхностей с большим количеством отверстий.

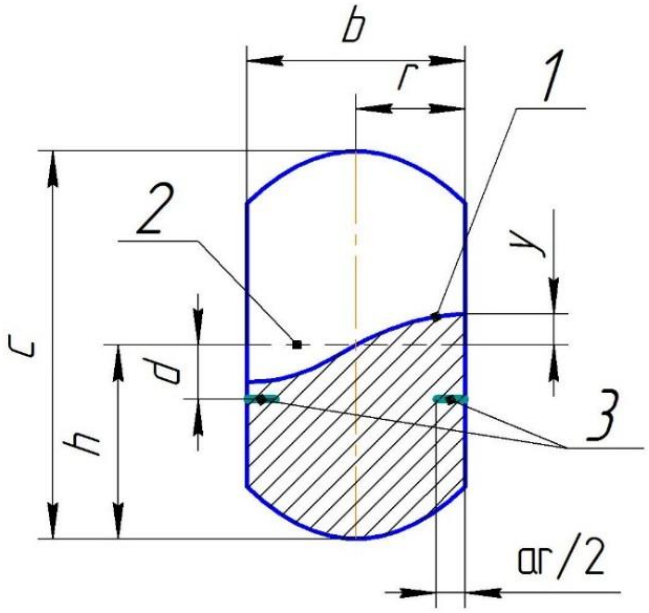


Рисунок 1— Схема бака

На рисунке 1 под пунктом 1 изображена свободная поверхность жидкости, 2–невозмущенный уровень жидкости, 3–кольцевые демпферы.

Воздействие всплескивания жидкости на колебания конструкции ракеты обычно оцениваются в математической модели. В расчетах принимается, что самая низкая частота всплескивания в сравнении с большими имеет более значительное влияние; масса в свою очередь рассматривается как сосредоточенная на подвесе без трения. Таким образом, для решения каких-либо задач, связанных с определением динамических характеристик ракеты, в качестве топлива принимают эквивалентную

твердую массу 1, чье перемещение относительно оси бака 3 контролируется безынерционной пружиной 2 (рисунок 2) [2].

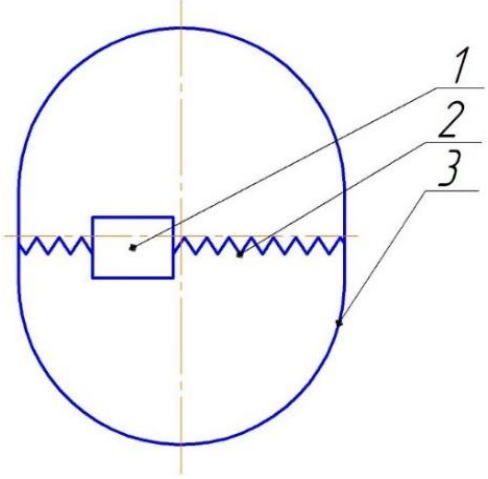


Рисунок 2— Пружинно-массовая модель колебаний топлива

Колебания давления на днище бака

Также для составления математической модели механических колебаний учитывают колебания давления на днище бака, которое обусловлено ускорением РН и величиной наддува. Оно же определяет движение жидкости в топливоподающем тракте. Скорость жидкости на входе в турбонасосный агрегат (ТНА) 1 (рисунок 3) не должна превышать критических значений.

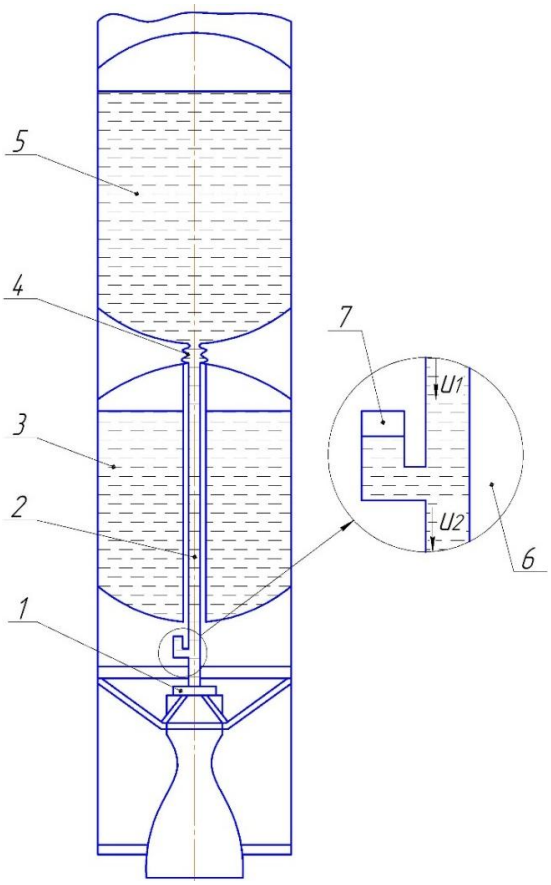


Рисунок 3— Расчетная схема продольной устойчивости ракеты

Во избежание этого применяют сосредоточенную упругость 6, представляющую из себя некоторую газовую емкость 7, присоединенную к трубопроводу перед входом в ТНА. Если амплитуды продольных колебаний днища баков 5, 3 и трубопровода 2 различны, то это заставляет изменять длину и объем сильфона 4 и, следовательно, изменять скорость потока жидкости [4]. Стоит также отметить роль кавитации в ТНА. Она может оказаться основным источником возмущением. Нарушение сплошности потока КРТ на выходе из ТНА будет определять параметры колебаний давления на днище бака, и, как следствие, в трубопроводе.

Поведение жидкости в полете – крайне сложный образ взаимодействия, требующий наиболее глубокого внимания и изучения при проектировании систем ракет, где находится некоторый объем жидких веществ. В настоящее время наиболее эффективные методы гашения вибраций и колебаний не могут в полной мере быть использованы из-за высокой массы, поэтому разработчикам и конструкторам приходится идти на компромиссы, которые делают эти процессы не такими предсказуемыми, как могли бы быть.

Список литературы

1. Лебедев, А. А. Баллистика ракет: учеб. пособие / А.А. Лебедев, Н.Ф. Герасюта – Москва. – 1970. –244 с.

2. Динамика ракет: Учебник для студентов вузов / К.А. Абгарян и др.– М.: Академия – 2003. – 313 с.

3. Ринг Э. Двигательные установки ракет на жидком топливе / Э.Ринг – М.: Мир – 1966. –404 с.

4. Продольные автоколебания жидкостной ракеты / М.С. Натанзон // – Москва: Машиностроение – 1977. –208 с.

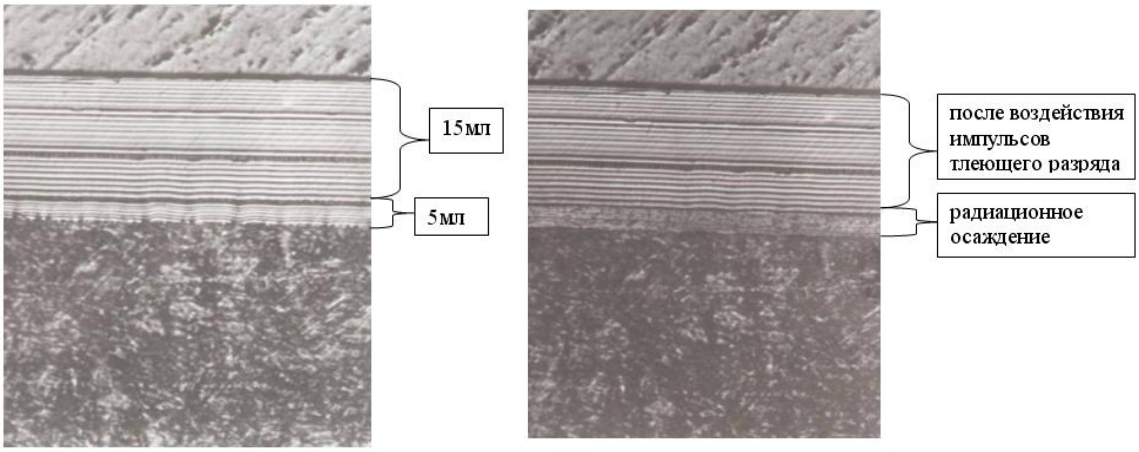
ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ

Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент, Мукатдаров Р.И.,
Григорьева А.Е.
Оренбургский государственный университет

Практический интерес представляет поведение покрытий при температуре, превышающей температуру их осаждения. В связи с этим после упрочнения деталей машин и инструмента осаждением пиролитического карбидохромового покрытия (ПКХП) из металлоорганических соединений (МОС) предложено применение термической обработки для дополнительного повышения твердости и износостойкости покрытия.

Известно [1, 2, 3], что аморфная фаза в ПКХП, полученных в переходном режиме, метастабильна. В связи с этим термическая обработка при температуре, превышающей температуру осаждения покрытия, способствует повышению подвижности атомов хрома и углерода, что может привести к кристаллизации с выделением скрытой теплоты плавления и переходу в стабильное состояние.

Процесс осаждения комбинированного покрытия проводили при радиационном нагреве в вакууме с импульсным зажиганием тлеющего разряда (ТР) на образцах из стали 38ХМЮА, Р6М5 и твердых сплавах. Для этого 5 мл МОС "Бархос" подавали в реактор в условиях радиационного нагрева без применения ТР. Затем зажигался импульс ТР и подавалось еще 15 мл МОС "Бархос". ТР зажигался в количестве трех импульсов с периодичностью подачи между импульсами 5-8 мин (рисунок 1, а).



а б

а – исходная (до отжига); б – после отжига в вакууме при температуре 700^0С в течение 45 минут

Рисунок 1 – Микроструктура комбинированного ПКХП (х1000)

Далее полученные образцы с покрытиями подвергали термической обработке (отжигу) в вакуумной печипри температуре 700 ^{0}С (рисунок 1, б).

При изучении микроструктуры комбинированного покрытия в исходном состоянии (рисунок 1, а) видно, что ближайший к поверхности подложки слоистый участок толщиной 5 мкм (количество дозируемого МОС 5 мл) соответствует радиационным условиям осаждения без применения ТР (более тонкие слои), а верхний слоистый участок толщиной 32 мкм получен при воздействии трех импульсов ТР (количество дозируемого МОС 15 мл).

После термической обработки (отжига) в вакууме при температуре 700 ^{0}С в течение 45 мин в нижней части покрытия, полученной при радиационном нагреве без применения ТР (ближайший к поверхности подложки слоистый участок толщиной 5 мкм), наблюдались изменения микроструктуры (рисунок 1, б). Структура верхних слоев, полученная при воздействии импульсов ТР (слоистый участок толщиной 32 мкм), не изменилась.

Длительная продолжительность выдержки комбинированного покрытия при отжиге приводит к появлению отдельных зерен, к началу нарушения слоистости и последующему разрушению структуры покрытия, осажденного без воздействия ТР, в то время как покрытие, осажденное при воздействии импульсов ТР, претерпевает лишь микроструктурные изменения.

В комбинированном покрытии в диапазоне прохождения первого импульса ТР наблюдается образование отдельных зерен - кристаллизация, которые затем группируются и образуют слой с мелкозернистой структурой. Образование этих зерен объясняется тем, что при использовании ТР в пространстве реактора происходит ионизация парогазовой смеси и продуктов распада МОС, оставшихся после осаждения ПКХП при радиационном нагреве без применения ТР. В результате попадания этих примесей в состав ПКХП происходит изменение структуры покрытия.

Это также подтверждается тем, что в диапазоне прохождения остальных двух импульсов ТР образование таких зерен не обнаружено.

Таким образом, комбинированное покрытие, полученное по двум технологиям, позволяет наглядно на одном образце сравнить и изучить изменение микроструктуры ПКХП при отжиге.

Экспериментальные исследования фазовых превращений при термической обработке показали, что с одновременным повышением микротвердости покрытия (до 28000-29000 МПа) увеличиваются и остаточные напряжения (до $\sigma_{ср.}$= - 0,8 ГПа) в результате наблюдается растрескивание покрытий при длительном вылеживании образцов (в течение трех месяцев). Характер распространения трещин происходит как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости поверхности покрытия. Растрескивание покрытия свидетельствует о больших значениях внутренних напряжений.

В результате полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Получены опытные данные кристаллизации покрытия как в условиях радиационного нагрева подложки, так и при осаждении покрытия при воздействии импульсов ТР, а применение импульсного тлеющего разряда способствует высокотемпературной стабильности микроструктуры.

2. Микротвердость ПКХП при воздействии импульсов ТР составляет

18000-19000 Мпа, а использование термической обработки в виде отжига в вакууме при температуре 700^{o}C увеличивает микротвердость ПКХП до 28000-29000 МПа.

3. При отжиге ПКХП, осажденные при воздействии импульсов ТР, обладают повышенным сопротивлением к кристаллизации.

4. Полученные результаты позволяют прогнозировать работоспособность режущего инструмента (быстрорежущие стали, твердый сплав) с ПКХП.

5. Повышение температуры термической обработки (отжига) приводит к образованию зернистой структуры, характерной для кристаллического состояния вещества.

Список литературы

1. Иванов Л.Л. Разработка технологии получения пиролитических хромовых покрытий для упрочнения инструмента: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. 21 с.

2. Белашова И.С. Поверхностное упрочнение инструментальных сталей: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. 384 с.

3. Горовой А.П., Черкасов П.М. Гетерофазные нанокристаллические покрытия, осаждаемые при терморазпаде паров бис-ареновых соединений хрома // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 9. С. 19-23.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА

Юшко А.А., Шильников Е.Б., Крылова С.Е.
Оренбургский государственный университет

Преимуществом метода химического осаждения покрытий (CVD) является то, что он практически не имеет ограничений по химическому составу элементов, образующих покрытие. Качество покрытия при этом зависит от комбинации материалов и технологических параметров процесса. Если процесс протекает при заполнении рабочей камеры реакционным газом (азотом, кислородом, углеводородным), то происходит нанесение нитридных, оксидных и карбидных покрытий посредством химической реакции между атомами осаждаемых металлов и молекулами реакционного газа. Состав покрытия зависит от парциального давления реакционного газа и скорости осаждения покрытия.

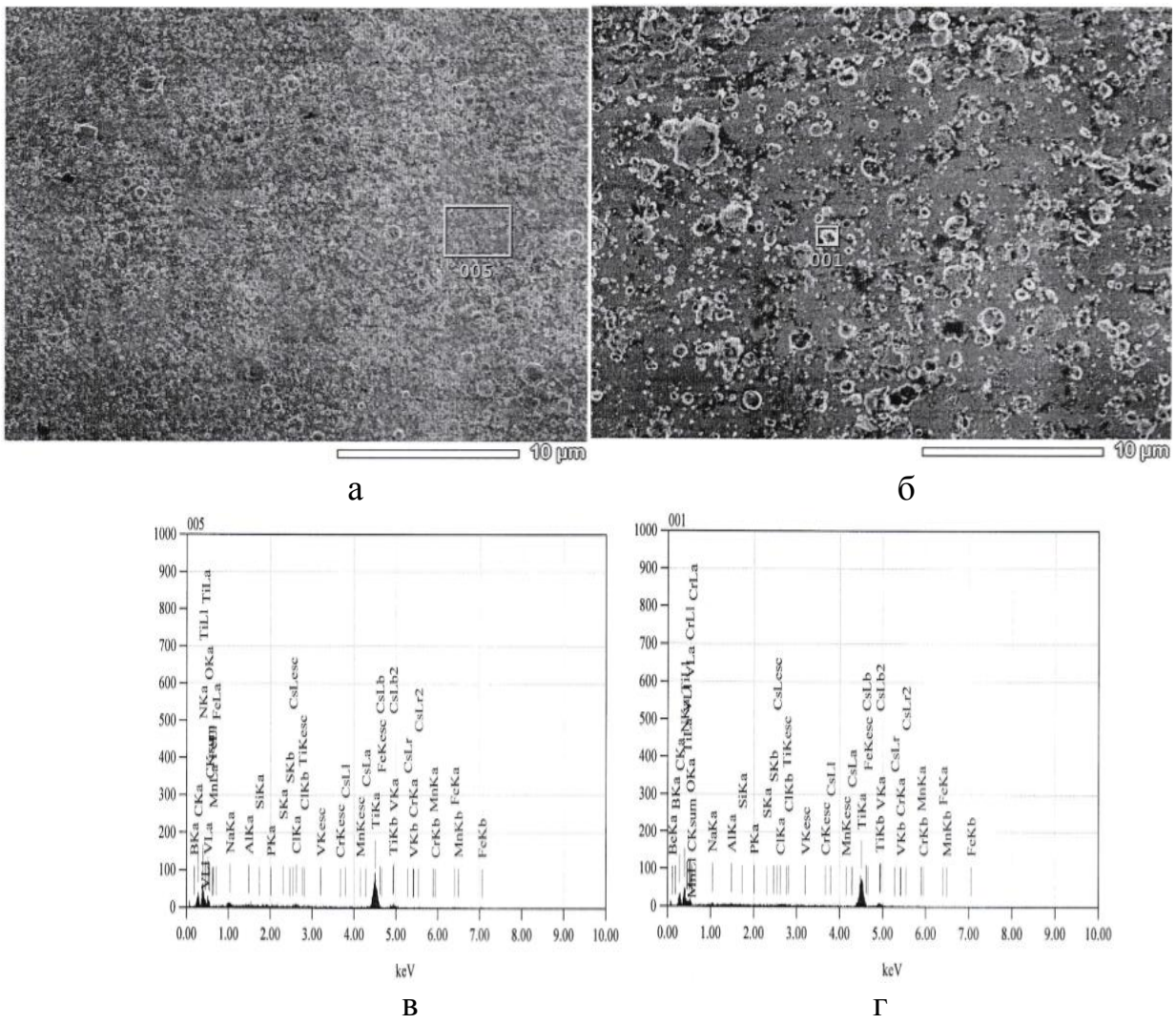
Одной из разновидностей метода CVD, позволяющей снизить температуру нанесения покрытия практически до уровня PVD-метода химического осаждения покрытий с плазменным сопровождением, называемый P-CVD. Этот метод представляет собой комбинацию двух основных методов нанесения покрытия, так как процесс нанесения покрытий методом CVD происходит в среде плазмы, как при методе PVD.

Нитрид титана (TiN) может наноситься как с использованием PVD, так и CVD-методов. Температура нанесения CVD обычно составляет от 850 до 1100°C. Основная химическая реакция для получения слоя TiN CVD – методом идет между тетрахлоридом титана (TiCl4), азотом (N) и водородом (H) по следующему механизму:

$$2TiC1_4 + N_2 + 4H_2 \rightarrow 2TiN + 8HC1$$

Микроструктурные исследования выполняли методом электронной растровой микроскопии с использованием энергодисперсионного рентгеновского анализатора JEOL – 6000 NeoScope (EX – 54400T1L11).

Электронномикроскопические исследования позволили установить наличие отдельных химических элементов в составе покрытия (C, N, O, Na, Cl, S, Ti, Mn, Fe, Al, Cr). Однако тип соединений и кристаллографические характеристики структуры при этом не установлены. Для чего, на следующем этапе исследования применяли фазовый рентгенографический анализ, позволяющий установить качественный и количественный состав отдельных фаз в изучаемой системе покрытия (карбид и оксиды железа, оксид и нитрид титана, -). Для выявления качественного фазового состава полученного покрытия использовали рент-геновский минидифрактометр МД-10.



а б

в г

а, б – фото микроструктуры; в, г – спектры, взятые с отдельных фаз

Рисунок 1 – Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя покрытия

Таблица 1 – Химический состав спектра 001, в % по массе

C	N	O	Na	Cl	S	Ti	Mn	Fe
20,99	19,29	2,84	1.43	2.41	0,40	50.61	0,40	1,61

Таблица 2 – Химический состав спектра 003, в % по массе

C	N	O	Al	Ti	Cr	Cl	Fe	Na
22.47	17.19	2,30	0.81	53.72	0.63	0.40	0.68	1.07

Результаты рентгеноструктурных исследований представлены на рисунках 2, 3 и в таблицах 3, 4.

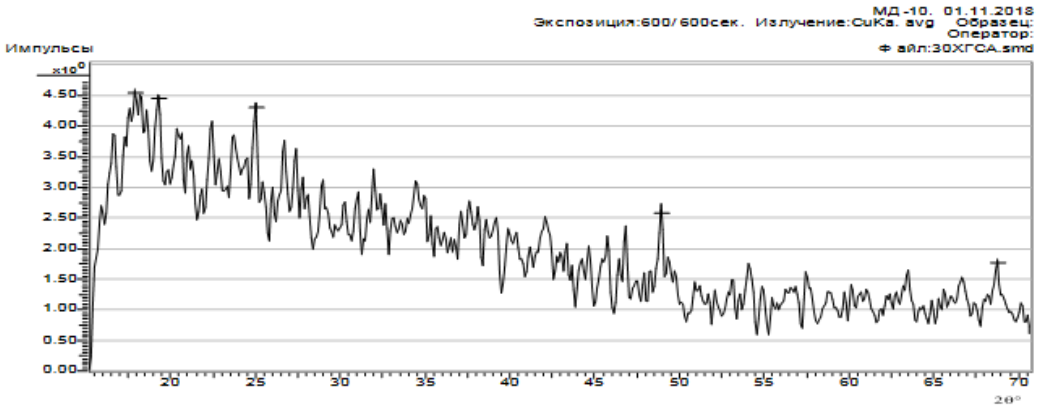


Рисунок 2 - Рентгенограмма покрытия TiN на стали 30ХГСА в интервале углов 2θ° от 0 до 70 град.

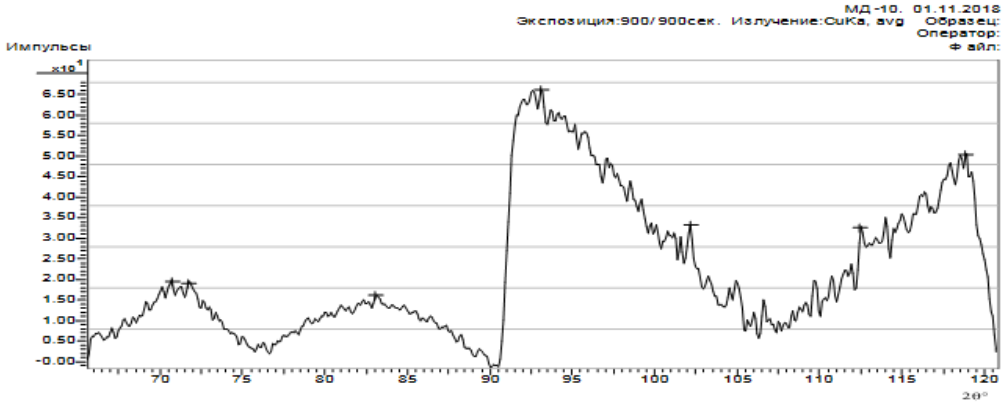


Рисунок 3 - Рентгенограмма покрытия TiN на стали 30ХГСА в интервале углов 2θ° от 70 до 120 град.

Таблица 3 - Кристаллографические характеристики идентифицированных в интервале углов 2θ° от 0 до 70 град.

Пик	*d*	*HKL*	*Фаза*
1	*5,05*	*006*	Fe_3O_3
2	*3,52*	*101*	TiO_2
3	*1,867*	*113*	Fe_3C
4	*1,370*	*110*	*TiN*

Таблица 4 – Кристаллографические характеристики идентифицированных в интервале углов 2θ° от 70 до 120 град.

Пик	*d*	*HKL*	*Фаза*
1	*1,33*	*103*	α-Ti
2	*1,164*	*224*	TiO_2

3	*1,056*	*235*	Fe_2O_3
4	*0,909*	*310*	*TiN*
5	*0,89*	*213*	TiO_2

Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ позволил установить тип карбидных соединений полученного покрытия. Так, в матрице сплава на железной основе равномерно распределен специальный карбид типа Fe_3C, позволившие получить твердость поверхности в пределах 22 – 24 ГПа.

С учетом вышеуказанных особенностей метода, проведенные структурные исследования свидетельствуют, что полученное комплексно-легированное покрытие имеет мелкозернистую структуру с равномерно распределенными мелкими нитридами титана и карбидами типа Fe_3C, и характеризуется следующими свойствами: плотность 5.40 г/см^3, температура плавления 2950□С, твердость 22 ГПа, модуль Юнга 590 кН/мм^3, коэффициент термического расширения 9.4·10^6 К-1, что позволяет применять для всех видов режущих инструментов при резании конструкционных сталей и сплавов нормальной обрабатываемости.

Список литературы

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

2. Бондарь А.В., Смоленцев Е.В. Криогенно-эрозионное упрочнение металлических изделий // Упрочняющие технология и покрытия. 2006. №4. С. 17-22.