

СЕКЦИЯ 10

«НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ПРОМЫСЛОВОГО ГАЗА Акимов С.С., Ульянова Т.С.....	1723
КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПОЗВОЛЯЩИЙ ОСУЩЕСТВИТЬ ВЫБОР ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВНОГО БАКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Аленов А.А.	1728
ПОСТРОЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОГО БАКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Аленов А.А.	1731
БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Архапчева М.В., Акимов С.С.	1734
ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В УПРАВЛЕНИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТЬЮ Архапчева М.В., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент, Бочарова Н.А.	1739
ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ РАБОТЫ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ Балабанов М.Д., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент.....	1743
СРАВНЕНИЕ ДРОБЕМЁТНОЙ И ДРОБЕСТРУЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛОВ Барыба В.Р., Барыба Ю.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент.....	1747
АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА Бирюков И.Ю., Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент	1750
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ВРАЩАТЕЛЯ НА ТРУБОГИБОЧНЫХ СТАНКАХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Бойко Д.Н., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент.....	1754
ОБЗОР И ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ АРМАТУРНЫХ КАРКАСОВ Бондаренко Н.Д., Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент	1758
АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ Валиуллина Ж.Р., Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент	1762
ГИПОТЕЗА О «МИКРОМАССИВНЫХ БОЕПРИПАСАХ» Васильченко Ф.В., Иванова В.С.	1769
АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА Гаврюшина Е.В., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор	1774

АППРОКСИМАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ РЯДА ТЕЙЛОРА В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ Гамова Н.А., канд. пед. наук, доцент, Сергеев М.А., Калашников Н.В.	1781
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ Геллеверя М.В., Шерстобитова В.Н., канд. техн. наук, доцент	1786
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОЗИРОВАНИЯ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ Глотов Е.М.	1790
ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ Головин А.В.	1794
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ БЫСТРОРАЗВОРАЧИВАЕМЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Гольченко Д.И.	1799
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПЛАЗМЕННОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Васильченко Ф.В., Калинина И.С., канд. техн. наук, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Припадчева Д.А.	1804
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СИСТЕМ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА Греков М.В., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор	1807
ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ СМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАНИЙ Гуньков С.А., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор	1812
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТГРУЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ Дникешев А.А., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент	1816
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ БУРОВЫХ ТРУБ Думинова А.С., Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент	1820
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ Егоров В.В.	1827
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА Еремеев М.А., Черноусова А.М., канд. тех. наук, доцент	1834
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Жумашева Б.К., Акимов С.С.	1839
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РОБОТИЗИРОВАННЫХ (ДИСТАНЦИОННО- УПРАВЛЯЕМЫХ) СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ Захаренков Я.Г., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор	1843

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	Ишмуратов И.Р., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор	1849
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДОБЫЧИ И ПОДГОТОВКИ НЕФТИ	Кадыров И.Р., Шерстобитова В.Н., канд. техн. наук, доцент.....	1853
ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ	Калинина И.С., канд. техн. наук, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчева Д.А.	1856
О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	Калягин М.В., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент	1860
АЛГОРИТМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	Киртьянова А.В., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент	1863
РОЛЬ САМОРЕГУЛИРУЕМОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ПРОЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ	Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент, Корнипаева А.А., канд. техн. наук	1868
ПОДСИСТЕМА РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ КОМПАС-3D	Кудряшов В.А., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор	1871
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-СИСТЕМ	Лазарев К.Е., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент	1878
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ	Лухтина О.С., Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент.....	1883
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ САД-СИСТЕМ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Калинина И.С., канд. техн. наук, Припадчева Д.А.	1887
ПРОЕКТ СХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА	Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Симutow Д.А.	1891
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАТОЛОГИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ	Махметова К.М., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор.....	1895

РОЛЬ СПЕЦИАЛИСТОВ САПР В ПОСТАНОВКЕ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО	Мостовых Н.С., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор	1902
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ	Мурзин Я.А., Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор	1908
АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	Непейн А.В., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор.....	1912
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЙ	Овечкин М.В., канд. тех. наук, Мусина Р.Р.	1916
ПРОБЛЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СУЩНОСТЕЙ ПРОИЗВОДИМЫХ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВКИ ЦЕХОВ	Пастухов Н.А., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор.....	1919
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДАРНЫХ ВИБРОГАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ВИБРАЦИЙ В МАШИНАХ	Пискарёва Т.И., канд. техн. наук, Строев И.А.	1923
ОГУ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ РЕГИОНА	Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Никитина И. П., канд. техн. наук, доцент.....	1928
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Калинина И.С., канд. техн. наук, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчева Д.А.	1932
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК6	Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Степанова М.П.	1936
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА Т15К6	Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Мозгунова В.С., Творогов И.А.....	1940
О ТРУДНОСТЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ	Смольский Ю.А., Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент	1944
ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ	Сопчинская О.И., Шерстобитова В.Н., канд.техн. наук, доцент	1950
ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫМ РЕЖИМОМ ПОМЕЩЕНИЯ АРХИВА	Столыпина М.А., Проскурин Д.А., доцент, канд. техн. наук	1954

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛИ Р6М5 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, доцент, Кириленко А.С., канд. техн. наук, Бикмаев Р.Х. 1960

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ Тимощенко Д.С., Решетов С.Ю., канд. техн. наук, доцент 1968

САПР КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ Торохтий В.В., Сергеев А.И., д-р техн. наук, профессор .. 1973

РОЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ О СВОЙСТВАХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ Трохов А.А., Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор 1977

УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Файзулина С.Р., Клещарева Г.А., канд. тех. наук, доцент, Решетов С.Ю., канд. тех. наук, доцент 1981

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ Федченко Д.А., Овечкин М.В., канд. техн. наук 1986

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ Филь В.Ю., Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент 1989

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА Фот А.П., д-р техн. наук, профессор, Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент, Кириленко А.С., канд. техн. наук, Приймак Т.В., Юршев И.В. 1993

НАНЕСЕНИЕ ГАЗОПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА Фот А.П.¹, д-р техн. наук, профессор, Юршев В.И.¹, канд. техн. наук, доцент, Кириленко А.С.¹, канд. техн. наук, Приймак Т.В.¹, Юршев И.В.¹, Саранцев Н.С.² 2000

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ Чаплыгин М.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент 2005

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФЛАНЦА Шалимов И.С., Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент 2009

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОЛЛЕКТОРНО-ЛУЧЕВОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ПРОМЫСЛОВОГО ГАЗА

Акимов С.С., Ульянова Т.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Надежный мониторинг газовых объектов – это основа стабильной работы газодобывающего предприятия. Организация системы мониторинга объектов газодобычи является ключевой функцией предприятия, обеспечивающей стабильную работу и оперативное реагирование на технологические нарушения и аварийные ситуации в процессе эксплуатации месторождения.

Непрерывный мониторинг газосборных систем заключается в постоянном отслеживании их рабочих характеристик. Сбор детальной информации о состоянии системы и изменении параметров с течением времени позволяет выявить скрытые закономерности и уязвимые места. Это, в свою очередь, дает возможность не только предсказать поведение системы в будущем, но и своевременно принять меры для устранения рисков и предотвращения возможных аварий и поломок, обеспечивая бесперебойную работу газодобывающей установки [1].

Таким образом, основными функциями мониторинга газосборных систем являются:

- 1) сбор данных. Получение данных от датчиков давления, расхода, температуры, состава газа и состояния оборудования;
- 2) обработка и анализ данных. Преобразование «сырых» данных в понятные значения;
- 3) визуализация данных. Отображение данных на мнемосхемах, графиках и таблицах;
- 4) сигнализация и оповещение. Автоматическая генерация сигналов тревоги при выходе параметров за допустимые границы;
- 5) управление. Удаленное управление исполнительными механизмами (клапаны, насосы);
- 6) регистрация и архивирование данных. Запись исторических данных для последующего анализа.

Разработка современных систем мониторинга, способных отслеживать состояние и функциональность газовых установок, – это актуальное и важное направление, особенно в контексте тщательной оценки эксплуатационных характеристик месторождения. Данная необходимость обусловлена серьезными техническими вызовами, включая экстремальные режимы работы, естественный износ оборудования, и высокую вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций из-за взрывоопасности. Параллельно с технологическими аспектами, внедрение таких систем позволяет достичь ощутимого повышения экономической эффективности за счет оптимизации технологических процессов и снижения аварийности.

Существуют значительные различия между системами мониторинга сбора газа. Эти различия проявляются не только в техническом плане и степени автоматизации, но и в наборе функциональных возможностей. Причиной тому является отсутствие унифицированного подхода к применению систем мониторинга, что наблюдается как в газовой отрасли, так и в других сферах [3].

Изучение работ разных исследователей демонстрирует отсутствие единого мнения касательно определения систем мониторинга и их функциональности. Так, в труде [4] система мониторинга рассматривается как целостная методология анализа данных с газового месторождения, направленная на выявление проблемных зон и выработку эффективных решений на основании анализа ключевых показателей.

Критически важна предварительная обработка данных, включающая сбор и обработку информации от сенсоров и датчиков для последующей передачи в базы данных или на контроллеры. Для анализа данных и прогнозирования работы оборудования используются специализированные алгоритмы, учитывающие временные зависимости, чувствительность и другие технические характеристики.

Исследование [5] подчеркивает, что современная газовая добыча требует усовершенствованного мониторинга, сфокусированного на:

- активной автоматизации, которые предполагает внедрение передовых систем для управления процессами на отдельных участках добычи;
- оперативной диагностике, которая позволяет проводить быструю оценку состояния оборудования для повышения эффективности управления, безопасности и производительности.

При этом важно, чтобы системы мониторинга добычи были тесно интегрированы с газотранспортной системой, так как значительный объем данных поступает именно оттуда.

Исследование [6] фокусируется на проблеме повышения эффективности работы систем сбора газа, выявляя конкретные параметры, оказывающие на неё решающее воздействие. По данным исследования, производительность эксплуатации определяется следующими ключевыми факторами:

- уровнем автоматизации технологических операций на пунктах сбора газа;
- наличием и степенью использования телемеханики на эксплуатационных объектах;
- способами контроля и управления технологическими параметрами работы газодобывающих скважин.

Использование этих параметров позволяет оценить скорость реагирования на изменения в работе газодобывающей установки и, в дальнейшем, оперативно принимать решения для оптимизации технологических процессов.

Исследование основывалось на комплексном подходе к сбору данных. Во-первых, были проанализированы данные реальной эксплуатации газодобывающих объектов, включая анализ объема песка, выносимого из скважин, и результаты неразрушающего контроля состояния стенок трубопроводов, что поз-

воляет оценить степень износа и риски аварий. Во-вторых, использовались общедоступные статистические данные, включающие анализ рынка измерительных устройств, систем управления и контроля, и систем автоматизации, что позволяет оценить доступность и стоимость различных технических решений. Также, в ходе исследования были проведены испытания опытных образцов оборудования в реальных условиях с целью оценки их работы в режиме оперативного сбора данных и принятия решений по управлению [7].

Несмотря на то, что у разных авторов существуют разные представления о том, как должна работать система мониторинга, все они едины во мнении о необходимости системного подхода к ее разработке и внедрению. Это означает, что система мониторинга должна быть тесно интегрирована с максимальным количеством служб и технологических подсистем, чтобы обеспечить полное и всестороннее понимание происходящих процессов, а не просто контроль за локальными параметрами.

Функциональная схема интегрированной системы мониторинга коллекторно-лучевой системы сбора газа приведена на рисунке 1.

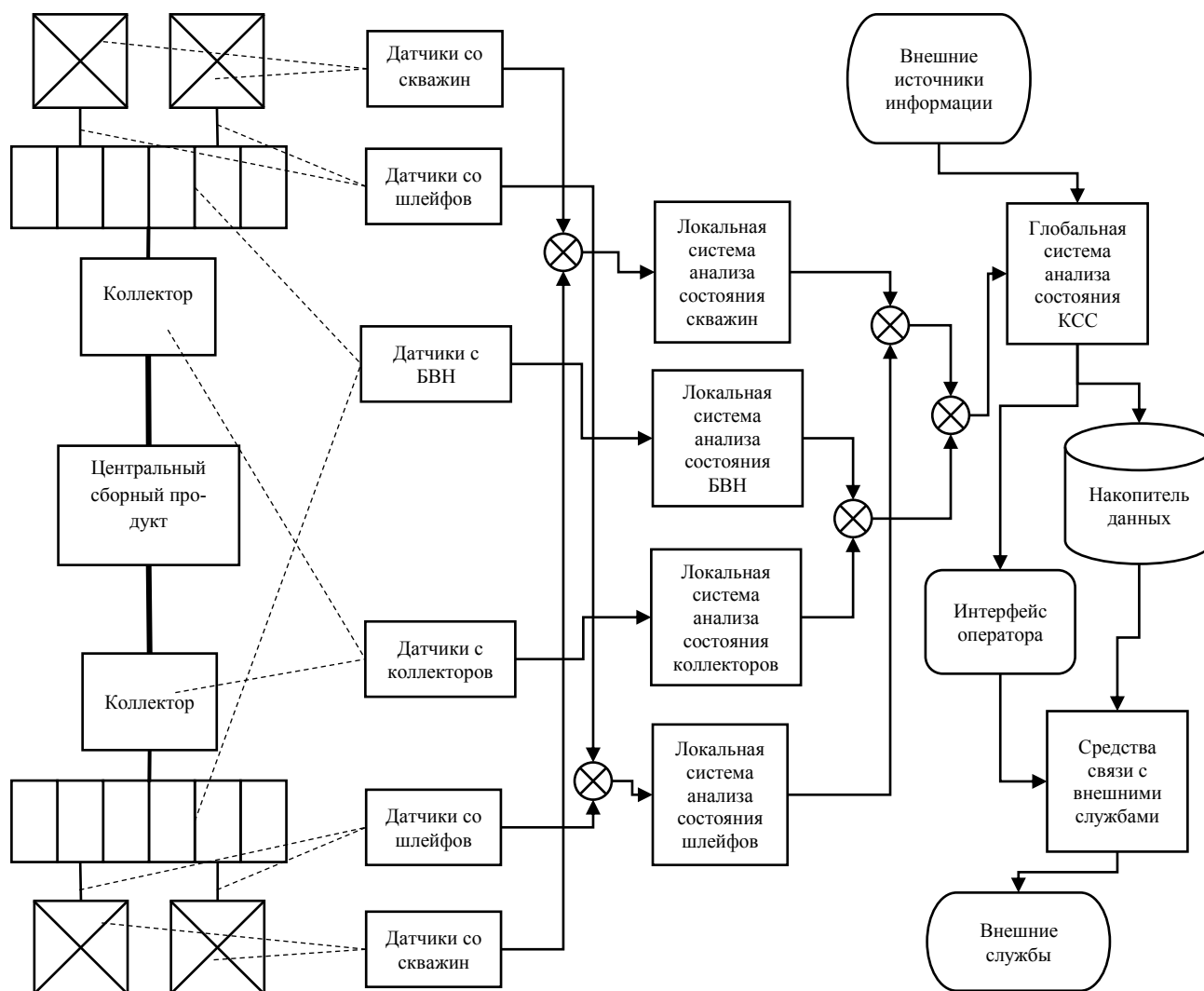


Рисунок 1 – Функциональная схема интегрированной системы мониторинга коллекторно-лучевой системы сбора газа

Создание единой интегрированной системы мониторинга коллекторно-лучевых систем сбора данных открывает путь к значительным улучшениям в различных аспектах газодобычи. Такая система позволит оптимизировать дебит скважин, выявляя и настраивая неэффективные, а также минимизировать потери газа благодаря раннему обнаружению утечек и несанкционированных отборов. Автоматизация технологических процессов на коллекторных площадках, включая работу сепараторов и компрессоров, также приведет к повышению общей производительности системы. Кроме того, сбор и анализ данных позволят лучше понять характеристики коллекторов и скважин, что в долгосрочной перспективе может способствовать увеличению коэффициента извлечения газа.

Безопасность также выйдет на новый уровень благодаря раннему выявлению аварийных ситуаций и мониторингу состояния оборудования, что позволит предотвращать инциденты и минимизировать их последствия. Автоматический контроль и возможность удаленного доступа снизят риски для персонала и обеспечат более эффективное управление системой, особенно в труднодоступных районах.

С точки зрения управления и принятия решений, единая интегрированная система предоставит операторам и руководству полную картину работы, позволяя принимать более обоснованные и эффективные решения. Улучшенная отчетность и возможность прогнозировать поведение системы на основе анализа данных также станут важными инструментами для планирования и оптимизации. Кроме того, оптимизация техобслуживания по фактическому состоянию оборудования позволит снизить затраты на ремонт и время простоя.

Наконец, создание такой системы позволит снизить затраты за счет уменьшения производственных потерь, оптимизации энергопотребления и перехода к обслуживанию по состоянию. В целом, интегрированная система мониторинга создаст «умную» систему добычи, которая будет работать более эффективно, безопасно, экономично и с меньшим воздействием на окружающую среду.

Таким образом, для полноценной реализации перечисленных задач, система мониторинга должна обеспечивать сбор данных с максимально возможного числа элементов технологической цепочки сбора газа, а также использовать самые передовые методы интеллектуального анализа данных.

Список литературы

1 Ульянова, Т. С. Методика проведения пусконаладочных работ на газовых хранилищах / Т. С. Ульянова, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23-25 января 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 989-992.

2 Ульянова, Т. С. Способ определения измерительной сложности приборов и устройств для построения информационно-измерительной системы / Т. С. Ульянова, С. С. Акимов // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 11. – С. 523-527.

3 Классификация систем промышленного сбора извлекаемого газа / Т. С. Ульянова, А. С. Боровский, С. С. Акимов, Е. М. Езерская // Компьютерная интеграция производства и ИПИИ-технологии : Сборник материалов X Всероссийской конференции, Оренбург, 18-19 ноября 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 224-228.

4 Новиков, С. П. Исследование данных отклика сенсоров газа в рабочем процессе систем мониторинга / С. П. Новиков // Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении : Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Таганрог, 16 апреля 2021 года / Редколлегия: Л.А. Светличная, Т.В. Чернова. – Таганрог: ЭльДирект - ИП Шкуркин Д.В. (Директ-Сайнс), 2021. – С. 135-139.

5 Лучкин, Н. А. Автоматизация мониторинга технологических данных газосжатой станции / Н. А. Лучкин, Ш. М. Бигушев // Информационные технологии в науке и производстве : материалы III Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Омск, 08-09 февраля 2016 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2016. – С. 160-164.

6 Внедрение инновационных систем контроля скважинной продукции / И. А. Ридель, М. В. Медведев, Д. А. Ожерельев, М. Л. Ряпалов // Газовая промышленность. – 2015. – № 3(719). – С. 59-61.

7 Акимов, С. С. Процесс управления и контроля работы участков газопровода / С. С. Акимов, Б. К. Жумашева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23-25 января 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 672-675.

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ОСУЩЕСТВИТЬ ВЫБОР ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВНОГО БАКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аленов А.А.

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

Для выбора проектных характеристик топливного бака летательного аппарата (ЛА) можно разработать комплексный критерий эффективности, который будет учитывать различные аспекты, влияющие на производительность, безопасность и экономичность конструкции. Ниже представлен более детализированный подход к формированию такого критерия.

Обозначим комплексный критерий эффективности топливного бака как E . Он может быть представлен в виде взвешенной суммы различных показателей, отражающих ключевые аспекты проектирования топливного бака:

$$E = \omega_1 \cdot \frac{m_{\text{топлива}}}{m_{\text{общ}}} + \omega_2 \cdot \frac{m_{\text{бака}}}{m_{\text{общ}}} + \omega_3 \cdot \frac{C_d}{V} + \omega_4 \cdot \frac{P}{T} + \omega_5 \cdot \frac{\sigma_{\text{доп}}}{m_{\text{бака}}} + \omega_6 \cdot \frac{R_{\text{долговеч}}}{m_{\text{бака}}} + \\ + \omega_7 \cdot \frac{V_{\text{защиты}}}{V_{\text{общ}}},$$

где $m_{\text{топлива}}$ – масса топлива в баке;

$m_{\text{бака}}$ – масса самого бака;

$m_{\text{общ}} = m_{\text{топлива}} + m_{\text{бака}}$ – общая масса системы;

C_d – коэффициент аэродинамического сопротивления;

V – объем бака;

P – давление внутри бака;

T – рабочая температура;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение материала;

$R_{\text{долговеч}}$ – ресурс долговечности конструкции (количество циклов/времени эксплуатации);

$V_{\text{защиты}}$ – объем защитных элементов (если применимо);

$V_{\text{общ}}$ – общий объем конструкции.

$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7$ – весовые коэффициенты, отражающие важность каждого аспекта для конкретного проекта.

Описание компонентов критерия.

1. Соотношение массы топлива к общей массе ($\frac{m_{\text{топлива}}}{m_{\text{общ}}}$): чем выше доля топлива, тем более эффективно используется пространство в баке.

2. Соотношение массы бака к общей массе ($\frac{m_{\text{бака}}}{m_{\text{общ}}}$): низкая масса бака важна для повышения общей эффективности ЛА. Это также влияет на грузоподъемность и дальность полета.

3. Коэффициент аэродинамического сопротивления ($\frac{C_d}{V}$): низкий коэффициент сопротивления способствует уменьшению расхода топлива и увеличению эффективности полета.

4. Соотношение давления к температуре ($\frac{P}{T}$): этот компонент позволяет оценить термодинамические условия работы бака, что критично для его безопасности и эффективности.

5. Соотношение допустимого напряжения к массе бака ($\frac{\sigma_{\text{доп}}}{m_{\text{бака}}}$): отражает прочностные характеристики конструкции. Высокое значение говорит о том, что конструкция может выдерживать большие нагрузки при меньшей массе.

6. Ресурс долговечности конструкции ($\frac{R_{\text{долговеч}}}{m_{\text{бака}}}$): этот компонент показывает, насколько долго бак может функционировать без необходимости в ремонте или замене. Важно для оценки жизненного цикла конструкции.

7. Соотношение объема защиты к общему объему ($\frac{V_{\text{защиты}}}{V_{\text{общ}}}$): учитывает наличие защитных элементов, которые могут быть необходимы для повышения безопасности эксплуатации [1].

Комплексный критерий эффективности, разработанный для выбора проектных характеристик топливного бака летательного аппарата, представляет собой мощный инструмент, который объединяет множество факторов, влияющих на производительность, безопасность и экономичность конструкции. Он позволяет не только количественно оценивать различные аспекты проектирования, но и упрощает процесс принятия решений в условиях многокритериального анализа [2].

Основные преимущества использования данного критерия включают:

1) системный подход. Учитывает все ключевые показатели, влияющие на эффективность топливного бака, что позволяет избежать однобокого анализа;

2) гибкость. Возможность адаптации весовых коэффициентов в зависимости от специфики проекта и приоритетов, что делает критерий универсальным для различных типов летательных аппаратов;

3) оптимизация. Использование методов линейного и нелинейного программирования, генетических алгоритмов и многокритериальной оптимизации позволяет находить наилучшие проектные решения, минимизируя затраты и максимизируя эффективность;

4) сравнительный анализ. Позволяет сравнивать различные концептуальные решения, выявлять компромиссы и определять приоритеты, что критически важно на этапах проектирования и разработки;

5) улучшение безопасности и надежности. Учитывая прочностные характеристики и ресурс долговечности, критерий способствует повышению безопасности эксплуатации топливного бака [3].

В итоге, комплексный критерий эффективности не только способствует улучшению проектных характеристик топливного бака летательного аппарата, но и обеспечивает более глубокое понимание взаимодействия различных факторов, что, в свою очередь, ведет к созданию более безопасных, экономичных и производительных летательных аппаратов.

Список литературы

- 1 Кузнецов, В. И. Авиакосмические системы и технологии / под ред. В.И. Кузнецова // М.: Машиностроение, 2018. – 243 с.
- 2 Фролов, М. С. Проектирование топливных систем летательных аппаратов / под. ред. М. С. Фролова // М.: Издательство МАИ, 2020. – 325 с.
- 3 Костин, В. А. Системный подход к проектированию летательных аппаратов // под ред. В. А. Костина // М.: НТЦ, 2021. – 368 с.

ПОСТРОЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОГО БАКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аленов А.А.

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

Построение целевой функции для моделирования процесса эскизного проектирования топливного бака летательного аппарата (ЛА) является ключевым этапом, так как она определяет основную цель оптимизации и служит основой для принятия проектных решений. Целевая функция должна учитывать различные аспекты проектирования, такие как масса конструкции, стоимость, прочностные характеристики и аэродинамические свойства.

1. Определение целевой функции.

Основной целью проектирования топливного бака является минимизация его массы при соблюдении всех необходимых условий прочности и аэродинамики. Следовательно, целевая функция может быть сформулирована следующим образом:

$$\text{minimize } f(x) = m_s(x) + k \cdot C_d(x),$$

где $m_s(x)$ – масса конструкции бака, зависящая от проектируемых параметров x (например, геометрические размеры, материалы и т.д.);

$C_d(x)$ – коэффициент аэродинамического сопротивления, также зависящий от параметров x ;

k – коэффициент, учитывающий вес аэродинамических потерь относительно массы конструкции (может быть определен на основе требований к производительности ЛА).

2. Формулирование массы конструкции.

Масса конструкции может быть выражена как:

$$m_s(x) = \rho_{\text{мат}} \cdot V_s(x),$$

где $\rho_{\text{мат}}$ – плотность материала;

$V_s(x)$ – объем конструкции, который зависит от геометрических параметров бака.

Объем конструкции может быть рассчитан для различных форм (например, цилиндрической, сферической и т.д.):

Для цилиндрического бака:

$$V_s = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot L.$$

Для сферического бака:

$$V_s = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^3, [1].$$

3. Формулирование аэродинамического сопротивления.

Коэффициент аэродинамического сопротивления может быть определен через:

$$C_d(x) = f(L, D, H, V),$$

где L, D, H – длина, диаметр и высота бака, а V – скорость полета.

Для более точного определения C_d можно использовать результаты CFD-моделирования или экспериментальные данные [2].

4. Ограничения.

При формулировании целевой функции необходимо учитывать ограничения, которые могут быть представлены в виде неравенств:

$$g_1(x) \leq 0 \text{ (условия прочности),}$$

$$g_2(x) \leq 0 \text{ (условия устойчивости),}$$

$$g_3(x) \leq 0 \text{ (условия на аэродинамические характеристики),}$$

где $g_1(x)$ – ограничение на максимальное допустимое напряжение в конструкции;

$g_2(x)$ – ограничение на критическую нагрузку;

$g_3(x)$ – ограничение на максимальный коэффициент аэродинамического сопротивления [3].

5. Итоговая целевая функция.

С учетом вышеизложенного, итоговая целевая функция для моделирования процесса эскизного проектирования топливного бака может быть записана в следующем виде:

$$\text{minimize } f(x) = m_s(x) + k \cdot C_d(x),$$

при ограничениях:

$$g_1(x) \leq 0, \quad g_2(x) \leq 0, \quad g_3(x) \leq 0.$$

Таким образом, построение целевой функции для моделирования процесса эскизного проектирования топливного бака ЛА включает в себя минимизацию массы конструкции с учетом аэродинамических характеристик и соблюде-

нием всех необходимых ограничений. Это позволяет эффективно оптимизировать проектные решения и создавать безопасные и высокопроизводительные топливные системы для летательных аппаратов.

Список литературы

1. Raymer, D. P. Aircraft Design: A Conceptual Approach. AIAA. – 2018. – P. 161–162.
2. Sadraey, M. Aircraft Design: A Systems Engineering Approach. Wiley. – 2016. – P. 51–52.
3. Miele, A. A. Optimization of Aircraft Design. Springer. – 2015. – P. 256–257.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Архапчева М.В., Акимов С.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Современные технологические решения все чаще приводят к интеграции технических и биологических компонентов, формируя сложные биотехнические системы (БТС). В отличие от традиционных инженерных систем, которые стремятся к детерминированности и предсказуемости, БТС по своей природе являются стохастическими, то есть их поведение в значительной степени определяется случайными факторами.

Этот принципиальный стохастический характер БТС обусловлен как внутренними свойствами биологических объектов, так и их сложным взаимодействием с окружающей средой. Понимание БТС как частного случая стохастической системы является ключевым для их адекватного анализа, эффективного управления и прогнозирования их поведения [1].

Данная статья сосредоточена на изучении именно стохастической природы БТС, рассматривая их как сложные системы, в которых случайность играет не второстепенную, а определяющую роль. Исследуются источники стохастичности в БТС, анализируется их влияние на поведение системы, а также обосновывается необходимость применения стохастического моделирования для анализа и управления этими системами.

Необходимо рассмотреть определение стохастической системы. Стохастическая система – это система, поведение которой в значительной степени определяется случайными факторами и процессами, в отличие от детерминированных систем, где каждый входной сигнал однозначно определяет выходной [2]. В стохастических системах на один и тот же вход могут быть получены различные выходные сигналы, причем вероятность каждого из них может быть разной. Это означает, что поведение стохастической системы не может быть точно предсказано, в отличие от детерминированных систем, где, зная начальное состояние и законы системы, можно точно определить её состояние в любой момент времени.

Детерминированные системы характеризуются однозначностью соответствия входных и выходных сигналов и описываются детерминированными уравнениями, не содержащими элементов случайности, примерами чего могут служить движение планет по орбитам (в идеальном приближении), работа механических часов или простые электрические цепи. В то же время, стохастические системы, характеризующиеся неоднозначностью соответствия входных и выходных сигналов, описываются с помощью вероятностных моделей, распределений вероятностей и статистических методов [3].

В контексте стохастических систем, где случайность играет определяющую роль, анализ и понимание взаимосвязей между входными и выходными сигналами требуют особого подхода. Традиционно, при работе со стохастическими системами выделяют две ключевые задачи: прямую задачу и обратную задачу, каждая из которых ставит перед исследователем разные цели и требует применения различных методов.

Прямая задача заключается в определении характеристик выходного сигнала стохастической системы при известных характеристиках входного сигнала. Иными словами, при прямой задаче пытаемся понять, как система будет реагировать на определенный вход, учитывая ее стохастическую природу. Цель состоит в том, чтобы предсказать или описать распределение вероятностей выходного сигнала, если известно распределение вероятностей входного сигнала и известна модель (хотя и стохастическая) системы.

Обратная задача, в отличие от прямой, ставит целью определить характеристики входного сигнала стохастической системы при известных характеристиках выходного сигнала. Это более сложная задача, поскольку она требует «восстановления» того, что могло вызвать наблюдаемый выход, учитывая при этом стохастический характер системы. Пытаемся как бы заглянуть внутрь системы и понять, какой именно входной сигнал с его характерным распределением мог породить наблюдаемый выход [4].

Случайность в системе, или стохастичность, как правило, возникает из-за воздействия некоего случайного фактора. Наиболее частым таким фактором является шум – непредсказуемый сигнал, который может проникать в систему различными путями: либо одновременно с входным сигналом, либо в каком-либо произвольном месте внутри системы. Этот шум, являясь результатом разнообразных процессов и явлений, влияет на выходной сигнал, что требует применения корректирующих мер, таких как фильтрация шума, для управления системой.

Помимо шума, еще одним источником стохастического воздействия является сложная взаимосвязь между параметрами, формирующими сигнал. В такой ситуации возмущение, затронувшее один параметр, через имеющиеся связи распространяется на другие параметры, изменяя тем самым запланированный отклик системы. В подобных случаях для эффективного управления необходимо анализировать не только сами параметры, но и их взаимосвязи, формируя управляющий сигнал с учетом этой внутренней динамики и взаимозависимости параметров [5].

Стохастические системы, способные описывать явления, подверженные случайности, находят применение в самых разнообразных областях. В финансах и экономике они используются для моделирования рыночных колебаний, управления рисками, анализа потребительского поведения и актуарных расчетов, позволяя делать вероятностные прогнозы и учитывать неопределенность. В технике и инженерии стохастические системы применяются в радиотехнике, управлении сложными процессами, анализе надежности и безопасности, а так-

же в теории массового обслуживания, обеспечивая решения в условиях шума, помех и отказов.

В физике, естественных науках, биологии и медицине стохастические системы используются для моделирования физических явлений, динамики популяций, распространения болезней, клеточных процессов, а также для анализа медицинских данных и фармакокинетических исследований. Эти модели позволяют описать явления, которые не могут быть точно предсказаны детерминированными методами, такие как броуновское движение, радиоактивный распад или реакция организма на лекарства.

Применение стохастических систем не ограничивается точными науками, они также находят применение в гуманитарных областях, включая социологию, психологию, лингвистику и археологию, для анализа социальных процессов, поведения человека, языковых особенностей и исторических данных. В итоге, стохастические системы предоставляют мощный инструмент для анализа и моделирования самых разнообразных явлений, позволяя принимать обоснованные решения и лучше понимать сложные процессы окружающего мира, где случайность играет важную роль [6].

Для понимания стохастической природы БТС необходимо четко разграничить понятия детерминированных и стохастических систем. Детерминированные системы характеризуются однозначной связью между входом и выходом, что позволяет точно предсказывать их поведение. В отличие от них, стохастические системы – это системы, в которых присутствуют случайные факторы, влияющие на их состояние и динамику. Ключевыми чертами стохастических систем являются непредсказуемость, вероятностный характер, вариабельность, шум, случайные связи.

Стохастичность в БТС проистекает из множества разнообразных источников, которые охватывают биологические, технические и экологические аспекты системы. Генетическая изменчивость является одним из фундаментальных источников случайности: индивидуальные различия в генотипе биологических компонентов, будь то клетки, организмы или популяции, приводят к вариабельности их поведения и характеристик [7].

Дополнительный уровень случайности вносят стохастические биологические процессы, такие как экспрессия генов, метаболические реакции, клеточный рост и размножение, которые подвержены непредвиденным колебаниям, даже в контролируемых условиях. Влияние окружающей среды также играет важную роль: непредсказуемые колебания температуры, влажности, освещенности, концентрации питательных веществ и других внешних факторов могут оказывать значительное влияние на поведение биологических компонентов и, следовательно, на работу всей системы. Нельзя забывать и о технических сбоях: поломки, ошибки и другие неисправности в работе технических компонентов также вносят свой вклад в стохастичность БТС.

Наконец, взаимодействие между компонентами БТС само по себе может быть стохастическим, со случайными изменениями силы и направления связей между биологическими и техническими элементами, что еще больше усложня-

ет поведение системы и повышает ее непредсказуемость. В совокупности, все эти факторы делают БТС по своей природе стохастическими системами, требующими особого подхода к их анализу и управлению [8].

Таким образом, биотехнические системы по своей природе являются фундаментально стохастическими, и это определяет необходимость их изучения, анализа и управления с использованием методов, учитывающих случайность и неопределенность. Подход, игнорирующий стохастический характер БТС, не позволяет адекватно моделировать их поведение и находить оптимальные режимы работы.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть сосредоточены на разработке новых и более точных методов стохастического моделирования, а также на их интеграции с методами управления и оптимизации БТС. Понимание и использование стохастической природы БТС является ключом к их эффективному применению в различных областях, от биотехнологии и медицины до сельского хозяйства и экологии.

Список литературы

1 Акимов, С. С. Разработка цифрового двойника биотехнической системы / С. С. Акимов, А. С. Боровский // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 5. – С. 78-81.

2 Трипкош, В. А. Оценка влияния помех и погрешностей измерения признаков на достоверность распознавания производственных ситуаций / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 26–27 января 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 1838-1842.

3 Акимов, С. С. Оценка воздействия микроэлементов на продуктивность молочного животноводства / С. С. Акимов, В. А. Трипкош, М. В. Архапчева // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : сборник материалов XII международной научно-практической конференции (шифр -МКСС), Москва, 06 октября 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство АЛЕФ», 2023. – С. 77-81.

4 Акимов, С. С. Исследование влияния объема массива данных на ключевые выборочные параметры различных законов распределения / С. С. Акимов, В. А. Трипкош // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 11. – С. 10-15. – DOI 10.17513/snt.39813.

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

6 Шепель, В. Н. Модернизация метода гистограмм для выявления принадлежности неизвестного массива данных определенному закону распределения вероятностей / В. Н. Шепель, С. С. Акимов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 9(170). – С. 179-181.

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

8 Роль биотехнологий в формировании биосоциальной экономики / О. В. Кван, С. С. Акимов, Е. В. Шейда [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 489.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В УПРАВЛЕНИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТЬЮ

**Архапчева М.В., Трипкош В.А., канд. техн.наук, доцент, Бочарова Н.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Современные тенденции в промышленности требуют от предприятий газораспределительной отрасли максимальной эффективности, надежности и безопасности. Одним из ключевых направлений достижения этих целей является внедрение автоматизированных систем интеллектуальной поддержки (АСИП), которые позволяют оптимизировать управление газораспределительной сетью, повысить её устойчивость и минимизировать эксплуатационные риски.

На сегодняшний день искусственный интеллект является неотъемлемой частью во всех сферах современного общества. Искусственный интеллект способен воспринимать большой объем данных, структурировать и анализировать их и в конце предоставлять результат, в зависимости от поставленной задачи [1]. В мире активно внедряются автоматизированные системы интеллектуальной поддержки (АСИП) в управление газораспределительными сетями, что позволяет улучшить их эффективность, безопасность и устойчивость. Развитие цифровых технологий, Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ) играет ключевую роль в модернизации этой отрасли.

Газораспределительная сеть представляет собой сложный инфраструктурный объект, включающий газопроводы, распределительные станции, клапаны, счетчики и прочее оборудование. Управление такой системой связано с обработкой большого объема данных, включая информацию о потреблении, давлении, температуре, состоянии оборудования и аварийных ситуациях.

Поэтому в современном мире газотранспортная инфраструктура подвергается значительной технологической трансформации, активно внедряя передовые методы АСИП. Далее будут рассмотрены примеры таких технологий, а также опыт различных стран в этой области.

Россия обладает одной из крупнейших в мире систем газораспределения, обслуживающей как внутренний рынок, так и экспортные поставки. Сети охватывают тысячи километров магистральных и региональных газопроводов, обеспечивая газом промышленные предприятия, энергетические объекты и бытовых потребителей.

ПАО «Газпром» активно развивает проекты цифровизации газотранспортной системы, включая внедрение технологий Интернета вещей и машинного обучения для мониторинга состояния трубопроводов.

ОАО «Россети» внедряют интеллектуальные системы в управлении электрическими сетями, которое может быть адаптировано и для газораспределительных сетей. Один из примеров цифровизации городского хозяйства –

платформа Ujin для «умного дома». Она позволяет управлять системой видеонаблюдения, обеспечивает бесключевой доступ на территорию и в подъезды, ведёт автоматический учёт расхода коммунальных ресурсов (тепло, электроэнергия, вода) [2].

Немецкая компания Siemens использует платформу для предиктивной диагностики, включающая в себя технологии анализа больших данных (Big Data) и машинного обучения, и прогнозирует возможные поломки оборудования [3].

В США используются инфракрасные датчики и камеры для систем обнаружения утечек газа в реальном времени. В Китае и Южной Корее активно находят применения «умные» датчики, которые собирают данные о состоянии трубопроводов, а также автоматически передают информацию в диспетчерские центры. В Нидерландах разрабатываются виртуальные копии газораспределительных сетей, которые позволяют моделировать сценарии работы системы. Компании, такие как Chevron и ExxonMobil, используют системы SCADA и предиктивную аналитику для управления газораспределительными сетями [4]. Германия и Франция разрабатывают программы цифровизации газовых сетей, такая как платформа PRISMA для оптимизации транспортировки газа.

Австралийская компания APA Group внедряет облачные технологии и интеллектуальные сенсорные сети для оптимизации управления газораспределительными системами. Изучив опыт различных стран, можно увидеть, что существуют разные подходы к цифровизации газовых сетей. Далее проанализируем, какие факторы влияют на выбор той или иной стратегии.

Таблица 1 – Применение автоматизированных систем интеллектуальной поддержки в управлении газораспределительными сетями в России и в зарубежных странах

Параметр	Россия	Зарубежные страны
1	2	3
Технологическая база	Активно используются системы SCADA, внедряются технологии Интернета вещей	Более широкое применение IoT, Big Data, облачных технологий, цифровых двойников
Автоматизация управления	Автоматизация внедряется постепенно, с акцентом на обновление старой инфраструктуры	Автоматизация активно применяется, включая интеграцию с системами искусственного интеллекта
Диагностика состояния сетей	Основной акцент на мониторинг через датчики давления и температуры, использование SCADA	Используются предиктивная аналитика, цифровые двойники, IoT-сенсоры и дроны для диагностики

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Обнаружение утечек	Применяются традиционные датчики и ручной контроль, постепенно внедряются автоматические системы	Используются беспилотники, инфракрасные камеры, сенсорные сети для обнаружения утечек в реальном времени
Прогнозирование спроса	Внедрение находится на раннем этапе, используются исторические данные и статистические модели	Широкое использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования спроса
Кибербезопасность	Основной акцент на базовой защите данных и минимизации киберугроз	Разработаны строгие стандарты кибербезопасности, активно используются блокчейн и AI-защита
Цифровизация	Начальная стадия: создаются пилотные проекты цифровых двойников	Широкое использование цифровых двойников для тестирования и прогнозирования работы сети.
Интеграция систем	Интеграция с ГИС и другими системами начинается, но ограничена в масштабах	Высокая интеграция с облачными платформами, ГИС и системами учета
Управление компрессорными станциями	Управление осуществляется вручную с элементами автоматизации	Автоматическое управление с оптимизацией энергозатрат, применение интеллектуальных алгоритмов
Основные сложности	Высокие затраты на модернизацию, устаревшая инфраструктура, нехватка специалистов	Высокая стоимость внедрения новых технологий, но меньше проблем с инфраструктурой и кадрами

Россия находится на стадии активного освоения и внедрения автоматизированных систем, что связано с необходимостью модернизации старой инфраструктуры и значительными инвестициями.

Зарубежные страны, особенно в Европе, Северной Америке и Азии, уже интегрировали передовые технологии (IoT, AI, цифровые двойники), что позволяет им более эффективно управлять газораспределительными сетями.

Основные различия заключаются в степени цифровизации, глубине автоматизации и уровне интеграции современных технологий в общую систему управления.

Таким образом, опыт зарубежных стран показывает, что успешная цифровизация газораспределительных сетей становится возможной только при наличии продуманной стратегии, значительных инвестиций и готовности к переменам. Для того чтобы российские компании могли конкурировать на мировом рынке и повышать качество обслуживания клиентов, им необходимо активизировать работу по модернизации инфраструктуры, внедрению новейших технологий и обучению специалистов. Это обеспечит не только улучшение текущих процессов, но и создаст надежную основу для долгосрочного развития газораспределительной отрасли в условиях стремительных технологических изменений.

Список литературы

1 Архапчева, М. В. Обзор технологий искусственного интеллекта для повышения надёжности в газораспределительной сети / М. В. Архапчева, С. С. Акимов, В. А. Трипкош // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков (шифр -МКРНП) : сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции, Москва, 10 октября 2024 года. – Москва: Центр развития образования и науки, 2024. – С. 230-233. – EDN XCPVZY.

2 Проект Умный город [Электронный ресурс] // Официальный сайт проекта «Умный город» в России. – URL: <https://russiasmartcity.ru/about> (дата обращения: 19.01.2025)

3 Как умный завод Siemens использует данные для повышения качества продукции и улучшения продуктивности работы ([б.г.] // Intel. URL: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/internet-of-things/iotsiemens-smart-factory.html>

4 Крымский, В. Г. Автоматизация управления технологическими процессами в газораспределительных сетях: проблемы, тенденции и перспективы / В. Г. Крымский, И. М. Жалбеков, Р. Р. Имильбаев, А. Р. Юнусов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami-v-gazoraspredelitelnyh-setyah-problemy-tendentsii-i-perspektivy> (дата обращения: 19.01.2025).

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ РАБОТЫ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

**Балабанов М.Д., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Целью исследования является автоматизация процесса проверки работы параметров оптических приборов, в которой используются современные технологии для повышения эффективности и точности измерений, а также сокращения времени производства.

Объектом исследования являются стенды для проверки параметров работы оптических приборов. Предметом исследования являются алгоритмы, модели и методы проведения приемосдаточных испытаний.

Оптика – это раздел физики, рассматривающий явления, связанные с распространением электромагнитных волн ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов спектра.

Оптические детали приборов подразделяются на 6 основных видов:

- оптические клинья;
- сферические зеркала;
- призмы;
- светопроводы;
- линзы;
- растры.

Объемы производства оптических приборов военного и мирного применения растут с каждым годом, а технологии проверки их работоспособности не модернизировались долгое время. Одним из таких приборов является дальномер.

Дальномер – оптический прибор, предназначенный для измерения расстояния до объекта. Они широко применяются в строительной, военной, архитектурной и геодезической областях. В геодезических работах используются для проверки и калибровки оборудования, в строительных и архитектурных отраслях для контроля точности измерений. Принцип его работы основан на времени между моментом излучения короткого импульса и моментом приема отраженного от объекта луча.

Различают пять основных этапов работы прибора:

- излучение короткого импульса лазерного света, направленного на физический объект;
- отражение лазерного луча от поверхности физического объекта;
- прием отраженного луча фото приёмным устройством, находящимся в приборе, время между излучением и приемом лазерного импульса фиксируется;
- расчет расстояния относительно времени;

– вывод результатов на самом приборе и возможность передавать данные по протоколам RS-232, RS-485, UART и др.

Структурная схема прибора представлена на рисунке 1, она отражает функциональное взаимодействие и включает в себя:

- телескоп, обеспечивающий формирование диаграммы направленности световых импульсов излучателя;
- блок лазерного излучения, обеспечивающие генерированию мощных световых импульсов малой длительности рабочей длины волны;
- платы накачки и поджига, обеспечивающие заряд конденсатора и формированию напряжения фотодиода;
- ФПУ, обеспечивающее принятие отраженных световых импульсов от цели и преобразование их в электрический сигнал;
- блок батарей;
- блок управления;
- устройство управления и обработки информации, обеспечивающее в соответствии с заданными алгоритмами управления прибором во всех режимах работы, обработку результатов измерения, хранения их в энергонезависимой памяти и ее передачу на внешние устройства.

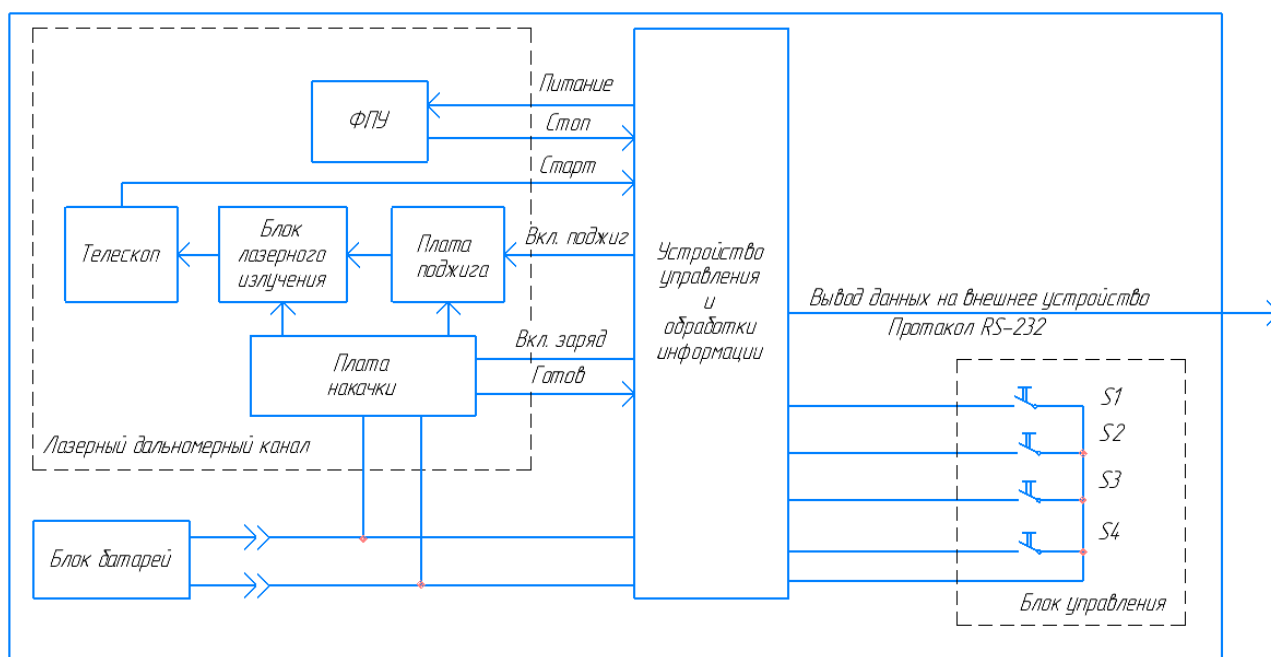


Рисунок 1 – Структурная схема дальномера

Основные параметры проверки:

- точность измерения расстояния;
- стабильность прибора;
- время измерения;
- диапазон измерения расстояния.

Автоматизация процесса проверки работы параметров лазерных дальнометров необходима для достижения большей точности и надежности измерений. Основной принцип работы данного процесса:

- калибровка электростенда внетрасовой проверки, происходит при помощи эталонного прибора. Эталон устанавливается на стенд, при помощи персонального компьютера и программного обеспечения задается значение расстояний и количество измерений, в среднем 10 выстрелов, запускается работа программы. После получения результатов, при несоответствии заданных и полученных значений, происходит корректировка интервалов временных задержек между стартовым импульсом прибора и излучения электростенда. После внесения изменений, процесс повторяется до получения расстояний, входящих в допустимые отклонения;

- проверка новых изделий. Новый прибор устанавливается в откалиброванный электростенд, выбирается тип изделия и режимы проверки. После запуска программы излучение от лазерного излучателя изделия направляется на узел фотоприёмного устройства блока, где формируется стартовый импульс. Сформированный стартовый импульс запускает три линии задержки, на которые с персонального компьютера заносятся информация о дальности. Линии задержки вырабатывают три разнесенных по времени останавливающихся импульса, которые последовательно попадают на имитатор цели. Плата имитатора цели вырабатывает токовые импульсы длительностью порядка 50 нс, которые управляют излучающим светодиодом, находящимся в фокусе коллиматора блока. Световой импульс от светодиода той же длительности, что и токовые импульсы, направляется на приемный канал изделия, где и фокусируется. Таким образом, в окуляре приемного канала прибора высвечивается значение дальности, полученное самим изделием, а на мониторе компьютера заданные значения. Далее происходит сравнение двух этих значений.

Данная установка при контроле и настройке приборов помогают уменьшить погрешность измерений, повысить качество изделий и производительность труда, благодаря возможности проведения испытаний в любую погоду и в любое время года, а также сокращению трудоемкости процесса.

Таким образом, автоматизированные системы проверки лазерных дальнометров занимают ключевую роль в обеспечении высокой точности и надежности измерений. Эти системы значительно повышают эффективность контроля и калибровки, снижая влияние человеческого фактора. В современных условиях производства такие решения становятся незаменимыми для достижения строгих стандартов качества и точности.

Список литературы

1 Козинцев, В. И. Основы импульсной лазерной локации / В. И. Козинцев, М. Л. Белов, В. М. Орлов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2010. – 571 с.

2 ГОСТ Р ИСО 17123-4-2011. ГСИ. Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 4.

Светодальномеры (приборы EDM). – Введ. 2011-09-20. – М.: Стандартиформ, 2011. – 20 с.

3 Могильницкий, Б. С. Метрологические проблемы лазерной дальнометрии / Б. С. Могильницкий // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2006. – Т. 4. – С. 205-208.

4 Матричные фотоприемные устройства инфракрасного диапазона / Под редакцией В.Н. Овсяк, Г.Л. Курышев, Ю.Г. Сидоров и другие. – Новосибирск: Наука, 2001. – 375 с.

5 Мирошников, М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов / М. М. Мирошников. – Л: Издательство «Машиностроение», 1983.

6 Телескопический расширитель лазерного пучка типа Галилея: пат. 75245 Российская Федерация МПК G02B23/00 (2006.1) / Н. Е. Кунделева, В. Л. Цуркан, И. В. Сычев; заявитель и патентообладатель ОАО «Пеленг». – № 2008109615/22; заявл. 11.03.2008; опубл. 27.07.2008, Бюл. № 2121.

СРАВНЕНИЕ ДРОБЕМЁТНОЙ И ДРОБЕСТРУЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛОВ

**Барыба В.Р., Барыба Ю.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В современном производстве роль качественной обработки металлических поверхностей остаётся критически важной. От уровня очистки и точности обработки зависят эксплуатационные свойства продукции, такие как устойчивость к коррозии, износостойкость и прочность на усталость. Для достижения высоких стандартов обработки на предприятиях широко применяются устройства дробемётной и дробеструйной обработки. Эти машины эффективно очищают металлические заготовки, включая стальной прокат и бывшие в употреблении детали, от дефектов, таких как ржавчина, окалина и неровности.

Хотя дробеструйная и дробемётная технологии имеют схожие цели, они существенно различаются по принципу работы. Чтобы избежать путаницы, важно разобрать их особенности и преимущества.

Дробеструйная обработка – это способ очистки металлических поверхностей, при котором на них воздействуют потоки абразивных частиц. Этот метод особенно эффективен для удаления накипи, краски, коррозии и прочих загрязнений. Процесс реализуется путём подачи абразива под высоким давлением с использованием сжатого воздуха, что позволяет добиться равномерной обработки поверхности и заданной шероховатости.

Наиболее часто дробеструйные установки применяют для:

- удаления старых покрытий, формовочных смесей, ржавчины и окалины;
- поверхностного упрочнения изделий;
- подготовки металла перед нанесением защитных покрытий.

Применение дробеструйных технологий особенно оправдано при работе с крупногабаритными и сложными деталями, например, корпусами кораблей или элементами железнодорожных вагонов. Для таких задач создают временные конструкции или используют камеры пескоструйной обработки.

Для достижения нужных параметров поверхности, таких как заданная шероховатость и соответствие стандарту окрашивания (например, ГОСТ 9.032), производители подбирают абразив определённого размера и формы. Количество операций, необходимых для обработки металлических поверхностей, определяется требованиями ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014.

Дробемётная обработка, напротив, предполагает использование гранул из металла или керамики, которые с высокой скоростью направляются на поверхность изделия. Этот метод более эффективен для удаления серьёзных загрязнений, таких как толстый слой ржавчины. Основным элементом дробемётных машин – турбина, разгоняющая частицы абразива до скорости 50–60 м/с.

Дробемётные устройства бывают стационарными и мобильными, что делает их универсальными для работы в различных условиях. Однако внутренний объём камеры ограничивает обработку крупногабаритных объектов, таких как вагоны. В таких случаях используют дробеструйную технологию.

Основные виды дробемётов включают:

- установки с вращающимся столом или крюком;
- проходные камеры для труб и других длинномерных изделий;
- устройства с транспортёрами различных типов (роликовыми, стальными, сетчатыми).

Основные различия между дробемётной и дробеструйной очисткой представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Различия между типами очистки

	Дробеструйная очистка	Дробемётная очистка
1	2	3
Особенности технологии	Пневматический способ подачи дробы сжатым воздухом под давлением	Механическая подача дробы металлическими турбинами
Особенности очищаемых предметов	Крупногабаритные устройства, предметы сложной конфигурации (сельхозтехника)	Детали, заготовки, отливки, поковки, трубы, литье, металлопрокат
Очистка скрытых полостей внутри очищаемых предметов	Да	Нет
Ограничения по массе и габаритам очищаемых предметов	Нет	Да
Привлечение ручного труда	Обязательно	Не обязательно
Многokrатное использование дробы	Допускается	Допускается
Влияние на экологию	Небольшое (дробь не содержит кварца, выделение пыли в окружающую среду сведено к минимуму)	Минимальное (выделение вредных веществ в окружающую среду не происходит)
Степень автоматизации процесса	Низкая	Высокая
Производительность процесса	Средняя	Высокая
Безопасность процесса	Невысокая	Высокая

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Качество обработки поверхностей	Высокое	Высокое
Необходимость периодической выгрузки/загрузки камеры	Есть	Нет

Результаты обработки поверхностей двумя методами будут практически одинаковыми – качественными и эффективными. Однако дробемётная и дробеструйная обработка различаются между собой принципом работы и подачей абразивного материала на очищаемую поверхность (сжатым воздухом под высоким давлением – дробеструйная обработка; механическая подача дробы турбиной – дробемётная обработка). А также конструктивными различиями дробемётов и дробеструев и типом очищаемых изделий (крупногабаритные, сложной конфигурации – дробеструйные аппараты; металлопрокат, литье, заготовки, трубы – дробемёты). Делаем вывод, что каждый из них хорош, в своей области применения.

Список литературы

- 1 ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014. Подготовка стальных подложек перед нанесением покрытий. Визуальная оценка степени очистки от ржавчины и других загрязнений. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.
- 2 ГОСТ 9.032-74. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлической поверхности перед окрашиванием. Общие требования. – Введ. 1975-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 12 с.
- 3 Ключев, В. В. Основы абразивной обработки металлических поверхностей / В. В. Ключев. – М.: Машиностроение, 2018. – 320 с.
- 4 Курбатов, А. В. Технологии подготовки поверхностей перед нанесением покрытий / А. В. Курбатов. – М.: НИИТМ, 2020. – 256 с.
- 5 Иванов, С. П. Дробеструйная и дробемётная обработка: сравнительный анализ технологий / С. П. Иванов // Металлообработка. – 2021. – № 3. – С. 45–51.
- 6 Золотарев, Н. В. Методы защиты металлов от коррозии / Н. В. Золотарев. – СПб.: Лань, 2019. – 384 с.

АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

**Бирюков И.Ю., Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В 2021 году объем мирового рынка мебели оценивался в 595 миллиардов долларов и, судя по прогнозам, он преодолет отметку в 722 миллиарда долларов к 2028 году. Этот рост, достигаемый среднегодовыми темпами в 5,6 %, станет результатом усилий и инноваций в этой области. Отчет выделяет две ключевые тенденции в отрасли. Первая связана с максимальной персонализацией продукции, удовлетворяя даже самые уникальные потребности клиентов. Вторая тенденция – это производство универсальной и практичной мебели, способной адаптироваться к различным потребностям [1, 8, 9].

Технологический процесс изготовления мебели представляет собой сложное и многогранное производство, которое задействует множество аспектов, начиная от выбора материалов и заканчивая финальной отделкой готового продукта. В последние десятилетия мебельная индустрия претерпела значительные изменения, вызванные как развитием технологий, так и изменением потребительских предпочтений. В условиях глобализации и растущей конкуренции производители мебели сталкиваются с необходимостью постоянного совершенствования процессов производства мебели, чтобы оставаться на плаву и удовлетворять требования современного рынка.

Остаться конкурентами в условиях нестабильности смогли те компании, которые уделяли внимание всем аспектам своего бизнеса: от актуального товарного ассортимента до развития розничных сетей. В 2023 году мебельные производители будут продолжать искать новые способы удержания старых клиентов и привлечения новых. Конкуренция в российской мебельной отрасли высока, и продукция в одном ценовом сегменте часто имеет схожее качество. Поэтому компаниям критически важно сосредотачиваться на поиске уникальных предложений, способных удерживать покупателей. Введение недорогих линеек. Прошедший 2022 год характеризовался спадом в продажах из-за неопределенности и ожиданий. Чтобы компенсировать убытки, мебельным компаниям следовало бы пересмотреть стратегии ценообразования и предложить бюджетные продукты в дополнение к основному ассортименту. Важно найти баланс между качеством и ценой, чтобы сохранить репутацию бренда [2, 10, 11].

Современные реалии мебельного производства требуют постоянной адаптации к новым условиям. Один из ключевых аспектов, которые влияют на конкурентоспособность компаний в данной сфере – это оптимизация технологических процессов. Оптимизация производства – это не только возможность

сократить затраты, но и способ повысить качество продукции и улучшить сроки поставки.

Основные направления оптимизации производства мебели:

- улучшение организации рабочего процесса;
- автоматизация на разных уровнях производства;
- оптимизация бизнес-процессов.

Каждое из этих направлений требует глубокого анализа, чтобы обеспечить высокое качество и конкурентоспособность продукции.

Сложность в оптимизации производства мебели обусловлена наличием ряда негативных факторов, включая несоответствующее качество материалов, нехватка сырья, высокие издержки. Кроме того, одной из острых проблем стали запреты, касающиеся импорта мебели. Введенный с 1 декабря 2017 года запрет на закупку иностранной мебели для государственных нужд создал новые вызовы для российских производителей и изменил рыночные условия [3]. Это привело к необходимости адаптации к новым условиям конкурентной среды и поиску путей для повышения спроса на отечественную продукцию.

Современные потребители предъявляют высокие требования к дизайну и функциональности мебели, что требует от производителей постоянного мониторинга и улучшения производственных процессов. По имеющимся данным, дефекты, которые возникали на предприятиях 5-10 лет назад, значительно отличаются от современного брака в сторону расширения «ассортимента», что вызвано повышением требований потребителей к качеству.

Внедрение инновационных решений может способствовать увеличению производительности и снижению уровня брака, а также удовлетворению растущих потребностей клиентов. Современные технологии, применяемые в производстве мебели, способствуют не только повышению качества и функциональности, но и изменению восприятия потребителями мебели как важного элемента интерьера. Внедрение числового управления (ЧПУ) и лазерной резки открывает новые горизонты для производителей, позволяя создавать сложные элементы с высокой точностью. Это значительно уменьшает количество отходов при обработке материалов, что делает процессы более эффективными и экономичными [4].

Экология становится одним из главных ограничений в современных производственных процессах. Использование быстро восстанавливаемых материалов, таких как бамбук или переработанные древесные волокна, позволяет снизить углеродный след потерь, связанных с производством мебели. Энергосберегающие технологии и биоразлагаемые упаковки становятся стандартом, что соответствует глобальным трендам в области защиты окружающей среды.

Цифровизация процессов, включая внедрение CAD/CAM-систем, также значительно оптимизирует производство мебели. Это позволяет идейным дизайнерам и строителям работать более слаженно и эффективно, ускоряя сроки реализации проектов [5, 7]. В результате интеграции современных технологий, производственные предприятия становятся более гибкими, что позволяет быст-

ро адаптироваться к изменению потребительского спроса и индивидуальным запросам клиентов.

Интеграция новых технологий в производство становится необходимым условием для компаний, стремящихся оставаться актуальными на фоне быстро меняющегося рынка [5, 6]. Эти изменения неизбежно влияют на стратегические направления развития производства, заставляя производителей искать новые пути для привлечения клиентов и повышения качества своей продукции.

Актуальность исследований технологического процесса производства мебели подтверждается наличием роста публикаций по данному направлению. На рисунке 1 представлена столбчатая диаграмма, отражающая рост статистики публикаций по тематике производства в научной электронной библиотеке eLibrary за период с 2016 по 2023 год.

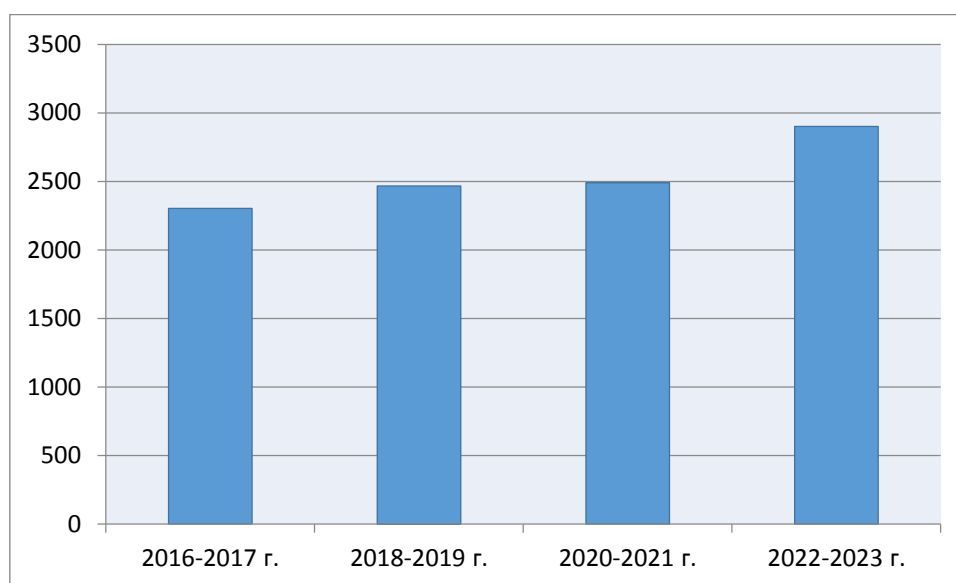


Рисунок 1 – Столбчатая диаграмма количества публикаций по тематике производства на платформе eLibrary за период с 2016 по 2023 год

Таким образом, анализ направлений модернизации технологического процесса доказывает необходимость постоянного совершенствования и адаптации к современным реалиям. В условиях растущей конкуренции и изменяющихся потребительских предпочтений, предприятиям необходимо активно внедрять новые технологии и оптимизировать свои процессы. Это не только повысит их конкурентоспособность, но и позволит удовлетворить расширенные потребности рынка, что является ключевым фактором для успешного развития производства.

Список литературы

1 Modern Furniture Market 2022 Experts Review Report Huppe, Flexform, B&B Italia, Modloft. – Режим доступа: <https://www.bignewsnetwork.com/news/273057388/modernfurniture-market-2022->

[experts-review-report--huppe-flexform-bbitalia-modlof](#) (дата обращения 21.12.2024)

2 Комаров, С.А. Современные тренды и инновации в мебельном производстве: анализ рынка и перспективы развития / С.А. Комаров // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 11. – С. 567-570.

3 Специфические проблемы мебельного бизнеса. Взгляд производителя. – Режим доступа: <https://proderevo.net/news/evnt/spetsificheskie-problemy-mebel'nogo-biznesa-vzglyad-proizvoditelya.html> (дата обращения 09.01.2025).

4 Новые технологии в мебели и примеры её применения. – Режим доступа: <https://www.meb-expo.ru/ru/articles/novye-tehnologii-v-mebeli/>

5 Производство мебели: современные тренды и инновации // fabricators.ru – Режим доступа: <https://fabricators.ru/article/innovacii-i-tehnologii-v-proizvodstve-mebeli-ekologichnost-ergonomichnost-i-individualnyy>

6 Пищухин, А.М. Автоматизация и технологическое развитие – два аспекта технического оснащения производства / А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9(184). –

С. 170-174.

7 Пищухин, А.М. Технологизация и автоматизация – два аспекта совершенствования техники: монография / А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова. – Оренбург: ОГУ. – 2019. – 149 с. – ISBN 978-5-7410-2277-1.

8 Кривоблоцкий, А.Н. Экономическая эффективность комплексной модернизации мебельного производства / А.Н. Кривоблоцкий // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2014. – № 7. – С. 127-130.

9 Колесина, С.А. Анализ мебельной отрасли Российской Федерации / С.А. Колесина. // Молодой ученый. – 2023. – № 10 (457). – С.146-149. URL: <https://moluch.ru/archive/457/100606/> (дата обращения: 17.01.2025).

10 Сухоруков, А.В. Проблемы и перспективы инновационного развития российской мебельной промышленности / А.В. Сухоруков // Креативная экономика. – 2013. – Т. 7, № 12. – С. 76-82.

11 Баринов, А.Я. Поиск эффективной бизнес-модели в рамках существующих парадигм экономической сложности и создания стоимости: пример калининградских мебельных предприятий / А. Я. Баринов, К. Ю. Волошенко, Т. Е. Дрок // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 239-256. – DOI 10.18334/vines.11.1.111914

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ВРАЩАТЕЛЯ НА ТРУБОГИБОЧНЫХ СТАНКАХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Бойко Д.Н., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Автоматизация процесса перемещения трансформаторного вращателя на трубогибочных станках представляет собой актуальную задачу в контексте повышения производительности, точности и безопасности работы таких установок. Трубогибочные станки широко применяются в различных отраслях промышленности, включая нефтегазовую, энергетическую и строительную. Эффективное функционирование данных станков напрямую зависит от взаимодействия всех узлов, включая трансформаторный вращатель, который обеспечивает правильное позиционирование трубы для гибки.

Основной проблемой традиционных систем является необходимость ручного управления трансформаторным вращателем, что приводит к увеличению временных затрат, вероятности возникновения ошибок и снижению уровня безопасности. Ручное управление также требует высокой квалификации оператора и постоянного контроля за процессом, что в свою очередь снижает общую производительность оборудования. Автоматизация процесса перемещения трансформаторного вращателя устраняет данные недостатки, обеспечивая более стабильную и предсказуемую работу.

Основой автоматизированной системы является использование приводных механизмов, оборудованных современными датчиками положения. В таких системах применяются шаговые или серводвигатели, управляемые микроконтроллерами или программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Датчики положения, такие как энкодеры или линейные датчики перемещения, обеспечивают точную обратную связь, что позволяет системе регулировать положение вращателя с высокой точностью. Это особенно важно при работе с трубами большого диаметра или сложной формы, где даже незначительные отклонения могут привести к браку [1].

Для расчёта ключевых характеристик системы используется формула момента инерции трансформаторного вращателя:

$$I = \int r^2 dm, \quad (1)$$

где I — момент инерции, r — расстояние от оси вращения до элементарной массы dm . Этот параметр критически важен для точного управления движением и распределения нагрузки.

Алгоритмы управления автоматизированной системы строятся на основе математических моделей, учитывающих массу, геометрию и механические

свойства трубы. Например, угловое движение вращателя описывается уравнением:

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega t + \frac{1}{2}at^2, \quad (2)$$

где $\theta(t)$ — угол поворота во времени t , θ_0 — начальный угол, ω — угловая скорость, a — угловое ускорение. Это позволяет системе прогнозировать положение вращателя на каждом этапе процесса [2].

Используемое программное обеспечение позволяет предиктивно анализировать нагрузки, возникающие в процессе гибки, и корректировать движение трансформаторного вращателя в реальном времени. В результате достигается равномерное распределение усилий, что минимизирует риск деформации трубы и продлевает срок службы оборудования. Распределение напряжений рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I}, \quad (3)$$

где σ — напряжение, M — изгибающий момент, y — расстояние до нейтральной оси трубы, I — момент инерции сечения. Эта формула помогает минимизировать риск деформации трубы [3].

Важным аспектом автоматизации является интеграция системы управления с общей архитектурой трубогибочного станка. Это позволяет синхронизировать работу трансформаторного вращателя с другими узлами, такими как система подачи трубы и гибочные механизмы. Такая интеграция достигается с помощью промышленных протоколов связи, таких как Modbus, CAN или EthernetIP. Эти протоколы обеспечивают высокую скорость передачи данных и устойчивость к помехам, что критично для работы в условиях промышленного производства [4].

Внедрение автоматизированных систем перемещения трансформаторного вращателя имеет ряд существенных преимуществ. Во-первых, повышается точность позиционирования трубы, что положительно сказывается на качестве готового изделия. Во-вторых, уменьшается время, затрачиваемое на настройку оборудования, что приводит к увеличению общей производительности. В-третьих, снижается риск травматизма за счёт минимизации ручного труда и исключения необходимости прямого взаимодействия оператора с вращающимися механизмами.

Для более наглядного представления возможностей автоматизации в работе трубогибочных станков была построена на основе симуляции тепловая карта распределения напряжений на поперечном сечении трубы. Данная карта представляет собой гипотетический пример, который демонстрирует, как распределяются напряжения в зависимости от геометрии трубы и приложенной нагрузки, в данном случае напряжение (σ) поперечно сечению трубы.

Карта была построена с использованием программы Python, в которой использовалась условная формула:

$$\sigma = 100 \times (1 - X^2 - Y^2), \quad (4)$$

где σ — напряжение, X и Y — координаты в поперечном сечении трубы.

Эта формула имитирует классическую модель распределения напряжений, характерную для однородной нагрузки. Графическое изображение карты показано на рисунке 1.

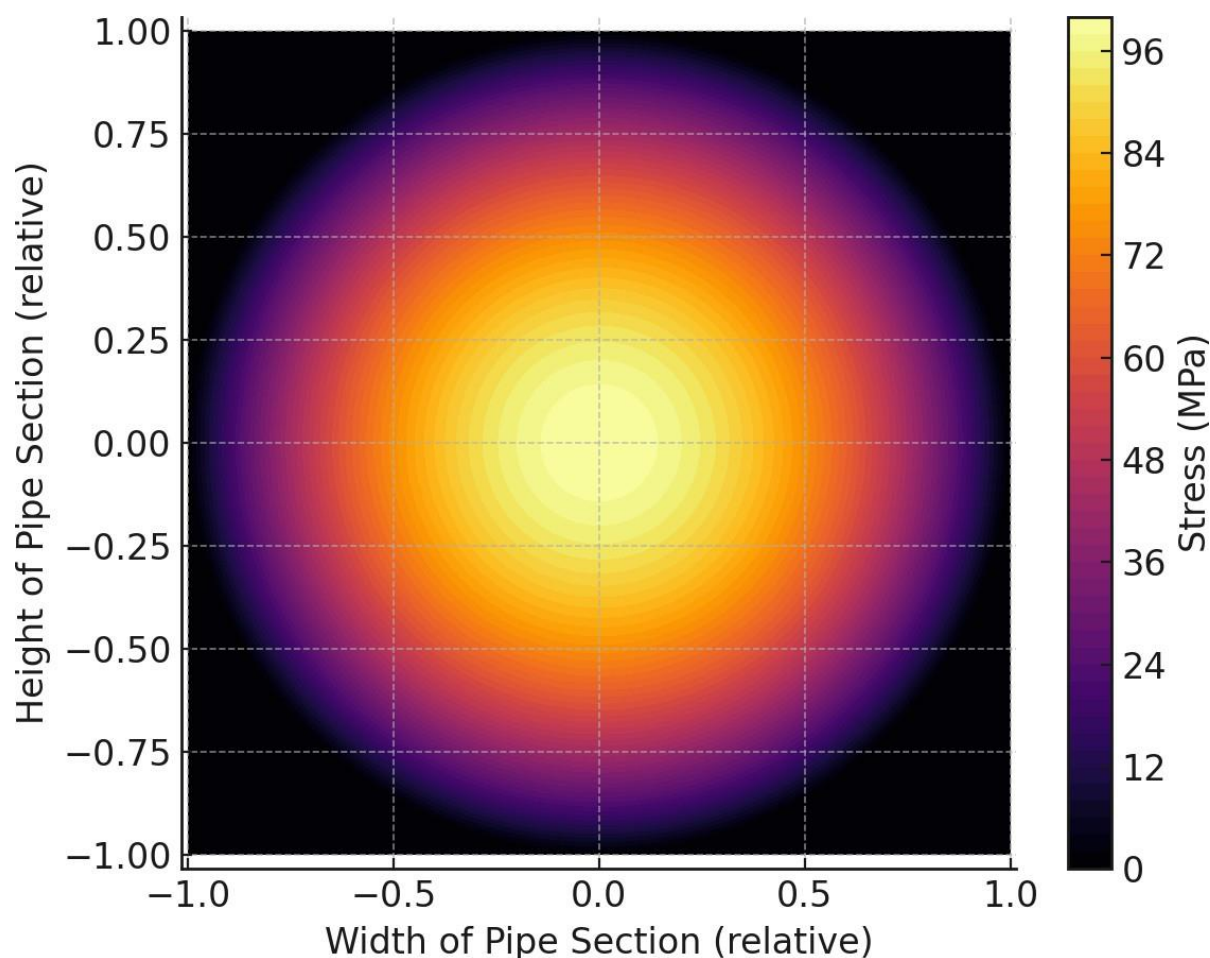


Рисунок 1 – Графическое изображение распределение напряжений в поперечном сечении трубы

Рисунок 1 можно разделить на две части: центр и края изображения.

Центр карты, ближе к нулю координат, показывает максимальные напряжения, так как X^2 и Y^2 минимальны. А на краях изображения, ближе к границам, наоборот демонстрируют снижение напряжений, так как $X^2 + Y^2$ приближается к 1, и значение $(1 - X^2 - Y^2)$ становится близким к нулю [2].

Это симметричная модель, характерная для однородных материалов и равномерных нагрузок, где напряжения концентрируются в центре и равномерно уменьшаются к краям.

Следует уточнить, что данная карта является теоретической моделью, созданной для иллюстрации принципов работы автоматизированных систем. Реальные данные могут отличаться в зависимости от характеристик материала трубы, условий эксплуатации и типа приложенной нагрузки. Тем не менее, такой подход позволяет продемонстрировать преимущества автоматизации в ана-

лизе и контроле напряжений, что способствует повышению качества готовой продукции.

Дополнительным преимуществом является возможность интеграции систем автоматизации с технологиями индустрии 4.0. Это позволяет внедрять мониторинг и диагностику в реальном времени, прогнозировать возможные неисправности и оптимизировать процесс гибки за счёт анализа данных. Использование таких технологий, как машинное обучение и искусственный интеллект, открывает перспективы для создания самообучающихся систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям производства.

Важным направлением дальнейших исследований является совершенствование алгоритмов управления и адаптация систем к работе с различными типами труб. Особое внимание уделяется повышению энергоэффективности приводных механизмов и снижению их эксплуатационных расходов. Также ведутся работы по улучшению интерфейса оператора, чтобы сделать управление системой максимально интуитивным и удобным.

Автоматизация процесса перемещения трансформаторного вращателя является ключевым этапом в модернизации трубогибочных станков. Это не только повышает их производительность, но и обеспечивает соответствие современным требованиям промышленности, связанным с безопасностью, устойчивостью и экономической эффективностью. Применение таких технологий становится неотъемлемой частью развития индустриального производства и конкурентоспособности предприятий на рынке.

Список литературы

1 Юровский, А. Я. Современные конструкции трубогибочных станков и способы гибки труб диаметром от 2,5 мм: [Обзор]. — Москва : [б. и.], 1962. — 40 с. : ил. : 21 см — (Серия I «Технология, организация производства и экономика машиностроения»/ Центр. ин-т науч.-техн. информации по автоматизации и машиностроению. ЦБТИ Гос. ком. Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению).

2 Никитин, В.А. Проектирование станков холодной и горячей гибки труб: учебник/ В. А. Никитин. — Санкт-Петербург: ЦТСС АО, 2011. — 236 с.

3 ТУ 1349-003-77258559-2016. Соединительные детали трубопроводов на рабочее давление до 31,4 МПа, предназначенные для работы в сероводородсодержащих средах. — Введ. 19.03.2018. — Оренбург.

4 Шишов, О.В. Современные средства АСУ ТП : учебник/ О. В. Шишов. — Москва Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. — 532 с.

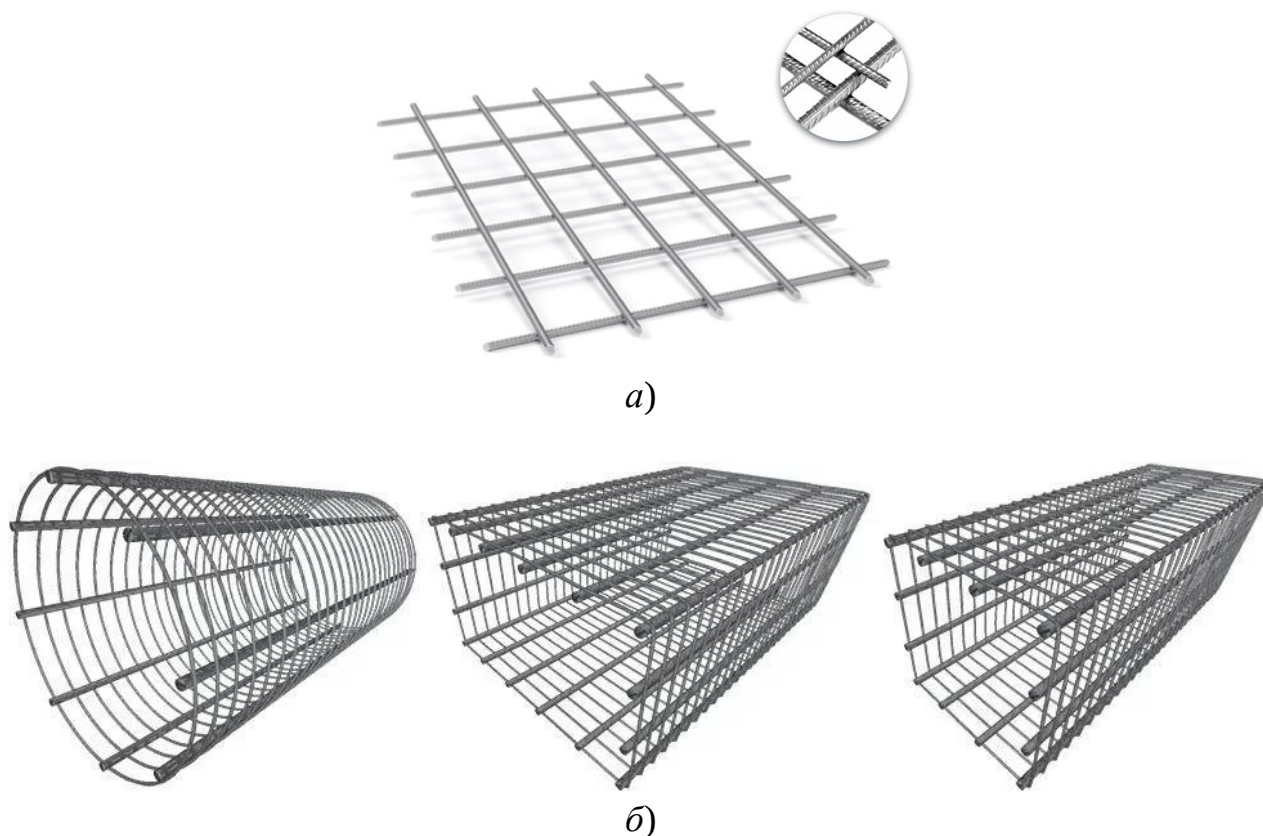
5 ГОСТ 34667.2-2020 (ISO 12944-2:2017). Материалы лакокрасочные. Защита стальных конструкций от коррозии при помощи лакокрасочных систем. Часть 2. Классификация условий окружающей среды. — Введ. 01.03.2022. — Москва: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2020.

ОБЗОР И ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ АРМАТУРНЫХ КАРКАСОВ

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

Составной частью железобетонных конструкций является арматурный каркас, который способен воспринимать и равномерно распределять различные виды нагрузок [1]. В зависимости от формы, рабочих характеристик и функциональности выделяют разные типы металлических конструкций, которые производятся в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 10922-2912 и техническими условиями предприятий.

По форме арматурные каркасы делятся на две основные группы: плоские и пространственные. Первая представляет собой сетку стандартных размеров (рисунок 1.а), предназначенную для усиления плоских строительных конструкций, армирования, проведение утепления и пр. Вторая группа (рисунок 1.б) является объёмной конструкцией, в состав которой входит несколько плоских сеток, соединённых между собой вязальной проволокой, стержнями или монтажными кольцами. Они очень часто применяются при создании армированных поясов в железобетонных строительных элементах сложных форм.



а – плоские; б – пространственные.

Рисунок 1 – Арматурные каркасы

При производстве каркасов используется арматурная проволока диаметром от 3 до 16 мм с постоянным или периодическим профилем. В качестве материала для арматуры используется холоднотянутая проволока ВР-1, а также сталь марок Ст2 и Ст3.

Арматурные каркасы изготавливаются двумя способами: при помощи вязки или сварки. Алгоритм производства пространственного каркаса при помощи сварки представлен на рисунке 2. Он состоит из семи основных этапов.

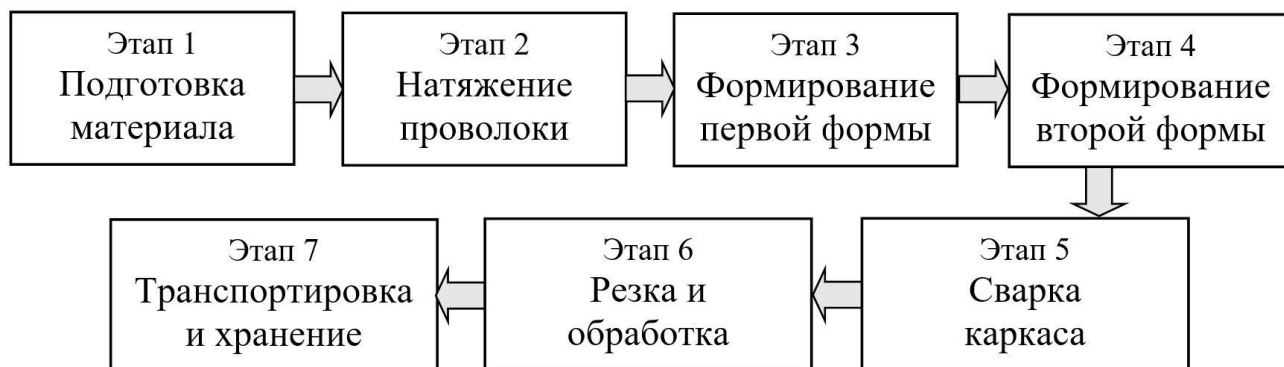


Рисунок 2 – Алгоритм производства сварного арматурного каркаса

На первом этапе прутки и проволока для изготовления каркаса должны быть подготовлены необходимого размера и очищены от ржавчины и окалины. Затем проволока натягивается и выравнивается, чтобы её можно было соединить с прутками. На третьем этапе прутки загружаются на станок, после чего их прогибают и крепят к проволоке. В результате предварительно формируется будущий каркас. На следующем этапе они ещё раз переворачиваются и прогибаются, создавая вторую форму. На пятом этапе подготовленная форма сваривается между собой, обеспечивая прочность конструкции. Далее конструкция режется на нужные размеры и подвергается дополнительной обработке. На завершающем этапе готовая продукция транспортируется на склад, откуда затем на строительную площадку, где может храниться до момента монтажа.

Технология производства сварных арматурных каркасов продолжает совершенствоваться, становясь всё более эффективной и экономичной. Использование инновационных методов существенно влияет на качество и долговечность создаваемых строительных конструкций.

В настоящее время существуют разнообразные конструкции станков для автоматического изготовления арматурных каркасов. В большинстве случаев они представляют собой роботизированные комплексы, которые с высокой точностью и скоростью способны создавать сложные пространственные конструкции, основным узлом которых является подвижная головка, работающая в запрограммированном режиме. В качестве примера рассмотрим и сравним два станка для изготовления таких каркасов [2].

На рисунке 3 представлен станок для изготовления каркасов колонн SGH20-12. Он представляет собой автоматическую линию с ЧПУ для сварки арматурного каркаса с механическим разворотом. В процессе работы с помо-

щью цепного подъёмника продольная арматура автоматически подаётся в направляющие, где фиксируется прижимными болтами. После этого она начинает вращаться и на неё равномерно с заданным шагом накручиваются кольца поперечной арматуры. В процессе накрутки осуществляется точечная сварка, которая служит для скрепления арматуры.



Рисунок 3 – Станок для изготовления каркасов колонн SGH20-12

На рисунке 4 представлен станок для заливки круглой сетки из стальной арматуры SGR22-12. Среди особенностей данного станка можно выделить:

- высокая производительность при низком количестве отходов и экономии рабочей силы;
- скорость движения и выпрямления арматуры контролируется конвертером частоты, что обеспечивает точное расположение сварки на конструкции;
- расстояние между роликами регулируется, что позволяет сваривать сетки арматурных каркасов разного размера.



Рисунок 4 – Станок для заливки круглой сетки из стальной арматуры SGR22-12

Сравнительный анализ показал, что SGR22-12 обладает способностью производить каркасы большего диаметра, но также имеет больше минимальный диаметр каркаса по сравнению с SGH20-12. Максимальный диаметр основного прута у них одинаковый, но у SGR22-12 минимальный диаметр больше, чем у SGH20-12. Скорость вращения у SGR22-12 также выше. Длина каркаса одинакова для обоих станков. В таблице 1 представлены основные технические характеристики двух рассматриваемых станков.

Таблица 1 – Технические характеристики станков SGH20-12 и SGR22-12

Параметр	Станок	
	SGH20-12	SGR22-12
Среднее потребление электричества, кВт/ч	15	15
Номинальная мощность, кВт	23	21
Диаметр каркаса, мм	400-2000	1000-2200
Диаметр основного прутка, мм	12-40	25-40
Диаметр навивочной арматуры (из бухт), мм	5-14	5-14
Максимальная длина каркаса, м	12	12
Максимальная скорость вращения, об/мин	3,1	0-6
Габариты, Д×Ш×В, м	28,5×5×3	15×7×4
Вес, т	14	5

Несмотря на небольшую разницу в технических характеристиках SGR22-12, его компактные размеры и меньший вес облегчают монтаж и транспортировку по сравнению с SGH20-12. Станок SGR22-12 оснащен современной системой управления, что позволяет настраивать параметры работы станка с высокой точностью и обеспечивает стабильное качество продукции. В то же время SGH20-12 имеет более простую конструкцию и меньшую стоимость, что делает его привлекательным для небольших производств или временных задач.

В целом, выбор между этими станками зависит от конкретных потребностей и бюджета предприятия. Если требуется высокая производительность и точность, а также возможность работы с арматурными каркасами большего диаметра, то SGR22-12 будет лучшим выбором. Однако, если необходима экономия или гибкость в использовании, то SGH20-12 может стать более подходящим вариантом.

В настоящее время в рамках направления подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (профиль «Технология автоматизированного машиностроения») ведется работа по разработке проекта роботизированного комплекса по производству сварных арматурных каркасов.

Список литературы

1 Роботизированное производство сварных арматурных каркасов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eurasia-group.ru/blog/articles/robotizirovannoe-proizvodstvo-svarnykh-armaturnykh-karkasov/>. – Загл. с экрана. — Проверено 08.01.2025.

2 Завод строительных и промышленных механизмов ВРК [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gutmash.nt-rt.ru/> – Загл. с экрана. — Проверено 08.01.2025.

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

**Валиуллина Ж.Р., Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Одним из способов повышения эффективности предприятия является автоматизация процессов охраны труда.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [1]. Трудовая деятельность человека протекает в условиях определенной производственной среды, которая при несоблюдении гигиенических требований может оказывать неблагоприятное влияние на работоспособность и здоровье человека. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 все опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе действия подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические [2].

Основной целью охраны труда является достижение социального эффекта, то есть обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве. Для этого необходимо решение следующих задач:

- 1) создание безопасных для человека машин и инструментов;
- 2) разработка спецсредств защиты, обеспечивающих безопасность человека в процессе труда;
- 3) обучение работающих безопасным приемам труда и использования средств защиты.

Внедрение компьютерных систем, автоматизирующих функции систем управления и организации охраны труда предприятия, способствуют повышению безопасности на рабочем месте, улучшению соблюдения норм и стандартов, а также оптимизации управления рисками.

В рамках проведенного исследования выполнен поиск публикаций в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU. Однако не все найденные публикации соответствовали теме исследования. Поэтому для дальнейшего анализа в сформированном списке оставлены только подходящие публикации. Некоторые результаты поиска по ключевым выражениям представлены в таблице 1.

В качестве примера в таблице 2 приведены ссылки на материалы открытого доступа, структурированные по ключевым выражениям.

Для наглядности представления полученных результатов поиска по ключевым выражениям построена гистограмма, приведенная на рисунке 1. Из гистограммы видно, что самое большое количество публикаций открытого досту-

па найдено по следующему ключевому выражению: «управление технологическими процессами охраны труда».

Таблица 1 – Результаты поиска по ключевым выражениям

Ключевые выражения	Количество найденных публикаций	Количество оставленных публикаций
автоматизированная система управления охраной труда	108	20
подразделение по охране труда	301	24
охрана труда	215	50
управление технологическими процессами охраны труда	205	56
автоматизация управления технологическими процессами	233	48

Таблица 2 – Пример найденных материалов по ключевым выражениям в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU

Ключевые выражения	Материалы открытого доступа
Автоматизированная система управления охраной труда	Основные функции автоматизированной системы оперативного управления охраной труда /Чернышев А.В. [18]; Возможные способы информатизации систем управления безопасностью труда /Новиков В.В. [12]; Информационные технологии в сфере управления охраной труда / Булычев С.Н. [3]
Подразделение по охране труда	Компьютерная программа оценки результативности системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны / Харин В.В. [17]; Инструктажи и проверка знаний по охране труда: автоматизация процесса уведомления на транспортных предприятиях / Медведев В.И. [10]; Расследование и учет микроповреждений (микротравм)/ Кустов В.В. [9]
Охрана труда	Обучение охране труда в образовательных организациях: перспективы развития охраны труда / Солдунов А.В. [14]; Обучение охране труда как неотъемлемый элемент в системе управления охраной труда и профессионального образования / Хайруллина Л.И. [16]; Организация практико-ориентированного обучения в области охраны труда специалистов по охране труда и работодателей / Утюганова В.В. [15]
Управление технологическими процессами охраны труда	Совершенствование процесса обучения вопросам охраны труда как направление повышения эффективности управления безопасностью труда / Колпакова Т.В. [8]; Обоснование риска в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственных операций в системе управления охраной труда / Гребенщикова О.А. [5]; Обучение охране труда как неотъемлемый элемент в системе управления охраной труда и профессионального образования / Хайруллина Л.И. [16]

Продолжение таблицы 2

1	2
Автоматизация управления технологическими процессами	Система усовершенствованного управления технологическим процессом - новая веха в развитии автоматизации / Григорьев Д.Е. [6]; Создание адаптивной двухуровневой модели процессов управления системой защиты информации в автоматизированных системах управления технологическими процессами / Селифанов В.В. [13]; Совершенствование системы практического обучения в образовательном процессе студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / Кобринец В.П. [7]



Рисунок 1 – Гистограмма по ключевым выражениям поиска (количество публикаций открытого доступа)

Как показал анализ научных публикаций, этапы внедрения автоматизации процессов охраны труда можно представить в виде структурной схемы (рисунок 2).

В результате проведенного анализа содержания публикаций сформулированы основные функциональные возможности автоматизированной системы управления:

- сбор, обработка и анализ информации о состоянии объекта управления. Это позволяет получать актуальные данные о процессах, происходящих в системе, и использовать их для принятия решений;
- формирование управляющих воздействий. На основе анализа полученной информации система вырабатывает команды, которые передаются на исполнительные механизмы для корректировки работы;
- передача управляющих воздействий на исполнение. Команды, сформированные системой, передаются на исполнительные механизмы для непосредственного управления объектом;

– реализация и контроль выполнения управляющих воздействий. Система отслеживает выполнение команд и корректирует работу системы в случае необходимости;

– обмен информацией с другими автоматизированными системами и внешними источниками данных. Это позволяет интегрировать её в более широкие информационные системы и обеспечивать эффективное взаимодействие между различными компонентами системы управления;

– поддержка принятия решений. Система даёт инструменты для анализа данных и помогает лицам, принимающим решения, выбирать оптимальные стратегии управления;

– оптимизация функционирования системы. Система постоянно анализирует работу и предлагает меры по её улучшению, что способствует повышению эффективности управления.

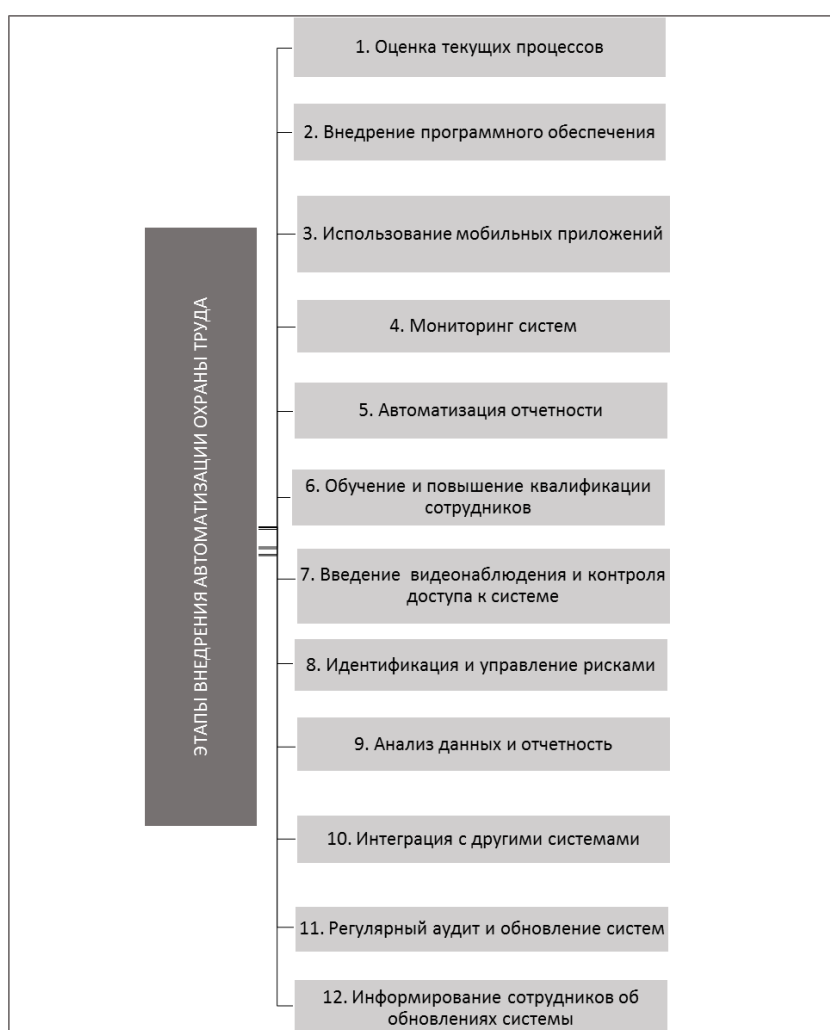


Рисунок 2 – Этапы внедрения автоматизации охраны труда

При описании автоматизации охраны труда используют следующие термины:

1) системы управления охраной труда – внедрение специализированного программного обеспечения для управления охраной труда, которое позволяет отслеживать инциденты, проводить анализ рисков и управлять обучением;

2) автоматизированные отчеты – использование инструментов для автоматического создания отчетов по инцидентам, нарушениям и выполнению мероприятий по охране труда;

3) датчики и IoT-технологии – установка датчиков для мониторинга условий труда и автоматическое уведомление о превышении допустимых норм;

4) мобильные приложения – предоставление сотрудникам мобильных приложений для сообщения о происшествиях или опасных условиях в режиме реального времени;

5) анализ данных – использование аналитических инструментов для оценки данных по инцидентам и выявления тенденций, что поможет в принятии обоснованных решений;

6) обратная связь от сотрудников – регулярное проведение опросов и анкетирования сотрудников для получения обратной связи о состоянии охраны труда и выявления проблем.

Таким образом, эффективный мониторинг и оценка охраны труда с помощью автоматизации позволяют не только снизить количество несчастных случаев, но и создать более безопасную рабочую среду, принимать обоснованные решения для улучшения охраны труда.

Внедрение современных технологий, таких как искусственный интеллект, интернет вещей и системы мониторинга, позволяет не только минимизировать риски производственных травм, но и повысить общую продуктивность сотрудников. Автоматизация процессов охраны труда способствует более точному анализу данных, быстрой реакции на потенциальные угрозы и формированию культуры безопасности среди работников. Тем не менее, успешная реализация автоматизации требует комплексного подхода, включающего обучение персонала, активное вовлечение сотрудников в процессы безопасности и постоянное совершенствование технологий. В конечном итоге, автоматизация охраны труда не только защищает здоровье работников, но и способствует устойчивому развитию предприятия, повышая его конкурентоспособность на рынке.

Список литературы

1 ТК РФ Статья 209. Основные понятия / КонсультантПлюс

2 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправкой). – Взамен ГОСТ 12.0.003-74; введ. 01.03.2017.

3 Булычев, С.Н. Информационные технологии в сфере управления охраной труда / С.Н. Булычев, С.И. Горбачев // Оборонный комплекс: научно-техническому прогрессу России. – 2014. – № 4 (124). – С. 11-15.

4 Грачев, Н.Н. Автоматизированная система управления охраной труда на предприятиях АПК / Н.Н. Грачев// Вестник Рязанского государственного агро-

технологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 2 (18). – С. 81-84.

5 Гребенщикова, О.А. Обоснование риска в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственных операций в системе управления охраной труда / О.А. Гребенщикова, А.Г. Попова // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 466-473.

6 Григорьев, Д.Е. Система усовершенствованного управления технологическим процессом - новая веха в развитии автоматизации/ Д.Е. Григорьев, И.Н. Сулейманов // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инновационный потенциал развития: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 85-89.

7 Кобринец, В.П. Совершенствование системы практического обучения в образовательном процессе студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / В.П. Кобринец, И.Ф. Кузьмицкий, Д.С. Карпович // Высшее техническое образование. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 16-19.

8 Колпакова, Т.В. Совершенствование процесса обучения вопросам охраны труда как направление повышения эффективности управления безопасностью труда / Т.В. Колпакова // Образование, наука, производство: сборник VIII Международного молодежного форума. – 2016. – С. 202-205.

9 Кустов, В.В. Расследование и учет микроповреждений (микротравм)/ В.В. Кустов, А.Б. Корчагин // Техносферная безопасность: материалы Девятой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием; Омский государственный технический университет. – Омск, 2022. – С. 69-74.

10 Медведев, В.И. Инструктажи и проверка знаний по охране труда: автоматизация процесса уведомления на транспортных предприятиях / В.И. Медведев, А.А. Басалаева // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2021. – №1 (2). – С. 155-162.

11 Никифорова, Е.В. Необходимость автоматизации процесса проверок соблюдения правил охраны труда / Е.В. Никифорова // Наука промышленность оборона: труды XIX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 томах; Под ред. С.Д. Саленко. – 2018. – С. 80-81.

12 Новиков, В.В. Возможные способы информатизации систем управления безопасностью труда / В.В. Новиков, А.Е. Литвинов // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда. – Краснодар, 2023. – С. 255-260.

13 Селифанов, В.В. Создание адаптивной двухуровневой модели процессов управления системой защиты информации в автоматизированных системах управления технологическими процессами / В.В. Селифанов, Ю.А. Исаева, П.А. Звягинцева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. № 7. – С. 244-249.

14 Солдунов, А.В. Обучение охране труда в образовательных организациях: перспективы развития охраны труда / А.В. Солдунов, Л.Ю. Солдунова // Вестник Саратовского областного института развития образования. – 2019. – № 2 (18). – С. 101-105.

15 Утюганова, В.В. Организация практико – ориентированного обучения в области охраны труда специалистов по охране труда и работодателей / В.В. 15 Утюганова, Т.В. Колпакова, В.С. Сердюк // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2017. – № 2. – С. 151-154.

16 Хайруллина, Л.И Обучение охране труда как неотъемлемый элемент в системе управления охраной труда и профессионального образования / Л.И. Хайруллина, О.А. Тучкова, М.А. Чижова // Вестник НЦБЖД. – 2020. – № 1 (43). – С. 142-148.

17 Харин, В.В. Компьютерная программа оценки результативности системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны / В.В. Харин, В.А. Маштаков, Е.Ю. Удавцова, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы Международной XXXIV научно-практической конференции, посвященной 85-летию образования ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва, 2022. – С. 65-72.

18 Чернышев, А.В Основные функции автоматизированной системы оперативного управления охраной труда / А.В Чернышев, В.А Трефилов// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками. 2016. – № 5. – С. 230-239.

19 Шишмарев, В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / В. Ю. Шишмарев. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 352 с.

ГИПОТЕЗА О «МИКРОМАССИВНЫХ БОЕПРИПАСАХ»

Васильченко Ф.В., Иванова В.С.

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

В контексте сложившейся ситуации на дальних горизонтах нашей необъятной Родины, а именно в зоне СВО, стране нужны новые виды вооружения и качественные улучшения уже существующих образцов.

Боеприпасы – один из главных ресурсов, от которого зачастую зависит эффективность боевого расчета. Пули, ракеты и другие летящие объекты, подвергаются воздействию на них определенных сил, которые улучшают или ухудшают определенные характеристики, об этом пишет Ф.В. Васильченко в статье «Моделирование параметров космической ракеты в соответствии с прогнозируемыми миссиями».

При полете ракеты в пределах атмосферы на неё действуют три силы: сила тяги двигателя, сила тяжести ракеты и сила сопротивления воздуха [0].



Рисунок 1 – Действие сил на летящее тело

Противоположно направлению полета действует сила сопротивления воздуха, которая уменьшает скорость тела. При этом за уменьшение скорости тела будет отвечать обтекаемость тела.

Под действием силы тяжести тело изменяет свою траекторию. На относительно больших расстояниях она приобретает параболическую форму, на коротких – прямолинейна.

При этом изменение силы тяжести пропорционально изменению массы, а изменение силы сопротивления воздуха – скорости тела и плотности среды.

Когда снаряд достигает объекта он должен нанести ему определённый вред, например, пробить или взорвать. Каждому известна теорема о сохранении энергии, когда полученная энергия от источника передается другому источнику за вычетом потерь.

Так вот, главной энергетической характеристикой снаряда является его кинетическая энергия. Так повелось еще с древности, люди много экспериментировали с различными природными материалами. В итоге были созданы стрелы, копья и иные виды оружия, которые использовались для ведения охоты и боевых действий. Кстати, они и стали родоначальниками нынешнего огнестрельного оружия.

Кинетическая энергия тела, имеющего массу, выражается как:

$$T = \frac{m * V^2}{2}, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия (Дж), m – масса (кг), V – скорость (м/с).

Исходя из формулы (1), можно заключить, что в формуле кинетической энергии тела заключены два главных параметра, отвечающих за проникающую способность снарядов.

Посчитаем, какую кинетическую энергию будет иметь пуля с массой $m = 6,5 * 10^{-3}$ кг и $V = 1760$ м/с. Это было испытание винтовки Германа Герлиха [0] в 1930-х годах, рекорд скорости пули при вылете из ствола не побит до сих пор.

$$T = 10067,2 \text{ Дж.} \quad (2)$$

Чтобы определить проникающую способность пули, нужно рассчитать удельную кинетическую энергию проникновения, которая равна:

$$T_{\text{уд}} = \frac{T}{A}, \quad (3)$$

где T – кинетическая энергия (Дж), A – площадь соприкосновения с объектом (м^2).

Таким образом, учитывая, что площадь соприкосновения очень мала, можем пренебречь потерями кинетической энергии и предположить, что она переходит целиком в ударное действие.

Такую энергию удалось получить при использовании особого строения ствола и пули. Но как же минимизировать расходы ресурсов и получить больше энергии?

Ответ кроется в скорости, в увеличении скорости тела. Максимально доступная скорость – это скорость света. Единственное, что может ее достичь – это непосредственно свет. Другая, менее эффективная альтернатива, – звук. Однако наибольшей скорости звуковые волны достигают в плотной среде, то

есть скорость звуковой волны пропорционально плотности среды, а скорость света наоборот – обратно пропорциональна.

Скорость звука с учетом плотности среды можно рассчитать по формуле Ньютона – Лапласа:

$$V = \frac{E}{\rho}, \quad (4)$$

где E и ρ – это модуль Юнга и плотность среды, соответственно.

Учитывая данные аспекты, заключим, что использование волн света [0] и звука для ускорения частиц в воздушной и более плотной средах является альтернативным и эффективным методом достижения боевой эффективности боеприпасов.

Возьмем во внимание, что скорость света в вакууме и скорость звука в алмазе, соответственно равны $3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ и $12 \cdot 10^3 \frac{м}{с}$, потерями скорости света можно пренебречь.

Следовательно, можно выдвинуть гипотезу о «Микромассивных боеприпасах»: «При помещении микромассивных боеприпасов в поток световых или звуковых волн можно добиться значительного увеличения кинетической энергии боеприпаса и уменьшения площади соприкосновения новой пули с объектом».

Принцип действия очень прост. От малогабаритного источника направленно испускаются световые или звуковые волны. В направленный поток помещается частица (пуля), которая с огромной скоростью перемещается до объекта, вплоть до его поражения. При этом частица, помещенная в волновой поток, перемещается со скоростью волнового потока, при этом потерями скорости можно пренебречь (об этом ниже).

Длительное время человечество пыталось создать ускоритель для снарядов, например, Гаусс – пушку [0], работающую на принципе электромагнитных волн. Свет – это тоже электромагнитная волна, а звук – механическая. Встает лишь вопрос о массе, которую сможет перенести волновой фронт.

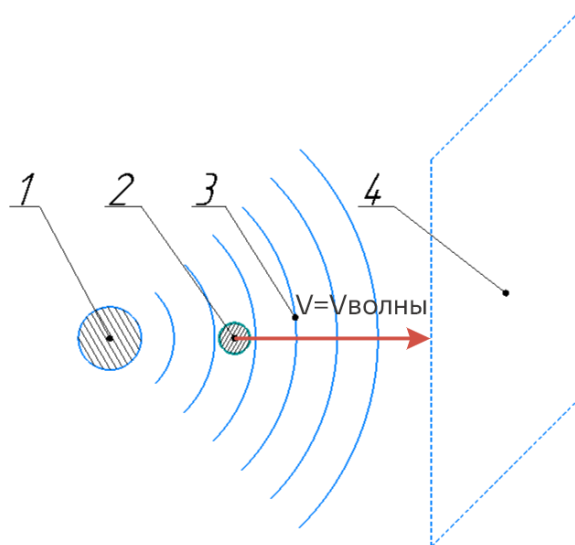
Согласно формуле (3), обе характеристики ведут к увеличению удельной кинетической энергии. Это влечет за собой повышение проникающей и поражающей способности.

За счет уменьшения габаритов и увеличения скорости снижается масса, значит даже на дальних дистанциях траектория будет прямолинейной. Потери скорости за счет силы трения с воздушными слоями также будут приблизительно равны нулю.

Эта гипотеза описывает пулю крошечной массы с огромной кинетической энергией.

Малые габариты сокращают затраты ресурсов на создание боеприпасов, при этом удобство для военнослужащих также присутствует: не нужно больше носить тяжелые сумки или ящики с патронами. Это значительно повысит мо-

бильность солдат и их способность маневрировать, что значительно повысит их морально-волевой дух.



1 – точечный источник направленной волновой активности (световой или звуковой); 2 – микромассивная пуля, движущаяся со скоростью, равной скорости волны; 3 – направленный волновой фронт; 4 – поверхность для поражения.

Рисунок 2 – Принцип движения микромассивных боеприпасов

Таким образом, гипотетическая эффективность таких боеприпасов крайне велика. Они значительно упростят жизнь и улучшат условия ведения боевых действий. При этом российская сторона получит значительное превосходство по всем аспектам морально-психологического и технического обеспечения армии.

Разработка компонентов (источников питания, систем наведения, двигателей) в микромасштабе – огромный технологический вызов. Для микроснарядов требуются материалы с высокими прочностными характеристиками, устойчивостью к высоким температурам и электромагнитным полям. Обеспечение точного наведения и управления на микроуровне очень сложно, особенно на больших дистанциях. Для работы микросистем требуется надежный и компактный источник энергии. Массовое производство микромассивных боеприпасов требует сложных и дорогостоящих производственных процессов. Применение микроснарядов может вызвать серьезные этические и политические дебаты.

Направление развития включает:

- разработку новых материалов с улучшенными свойствами (прочность, теплостойкость, проводимость);
- усовершенствование МЭМС для создания более компактных и эффективных микросистем;
- применение искусственного интеллекта для наведения и управления микроснарядами;

- разработку более эффективных источников энергии для питания микросистем;
- использование 3D-печати для массового производства сложных микрокомпонентов.

В заключении отметим, что принцип движения микромассивных боеприпасов основан на сложном взаимодействии физических законов и передовых технологий. Несмотря на множество технических вызовов, исследования в этой области продолжаются, открывая новые возможности и одновременно вызывая важные вопросы о будущем технологий и их применении.

Список литературы

1 Васильченко, Ф.В. Моделирование параметров космической ракеты в соответствие с прогнозируемыми миссиями / Ф.В. Васильченко // Лучшая исследовательская статья: сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2025. – С. 11-13. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79506939> (Дата обращения: 27.01.2025).

2 Васильченко, Ф.В. Лазерный пистолет «Вспышка» // Большая перемена: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2025. – С. 16-19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79980552> (Дата обращения: 27.01.2025).

3 Gerlich, Herman. (1930). Projectile Propellung Apparatus. Патент Nr. 1944883. – URL: <http://www.freepatentsonline.com/1944883.pdf> (Дата обращения: 27.01.2025).

4 Стрельцов, З. А. Электромагнитный ускоритель масс или пушка Гаусса / З. А. Стрельцов ; науч. рук. Д. А. Русакевич // Материалы 76-й студенческой научно-технической конференции [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Факультет информационных технологий и робототехники ; сост.: В. А. Мартинович, Г. И. Жиров. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 193-201. – URL: <efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/83469/193-201.pdf?sequence=1> (дата обращения: 21.01.2025).

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

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

Фактическое применение технологии цифровых двойников (ЦД) в системах производства продукции все еще находится на теоретических и исследовательских стадиях. Поддержка программного обеспечения для моделирования и анализа часто является односторонней, то есть поток данных между виртуальной и физической системами не является постоянным вследствие чего виртуальная система не может поддерживать оценку или оптимизацию производительности физической системы [1].

Многие исследователи сосредоточились на применении ЦД для оптимизации производственной системы. Большинство из них сконцентрировались на интеллектуальном принятии решений на основе цифрового двойника. Авторы работы [2] рассматривают сборку сложных изделий и построили цифровой двойник для производственного участка, чтобы реализовать цифровое управление и контроль. В работе [3] авторы исследовали интеллектуальную систему магазинов, основанную на цифровом двойнике, ссылаясь на теорию киберфизических систем. Они изучили состав и механизм конфигурации физических магазинов и виртуальных магазинов, соответственно, на основании чего предложили механизм работы, основанный на взаимодействии информации виртуальных и реальных магазинов, реализуя метод управления и контроля операций на основе данных.

Чжан и др. [4] предложили цифровой двойник оборудования в процессе динамического планирования в цехе для прогнозирования доступности станков и оценки их производительности. В заключении они предложили решения по динамической оптимизации. В работе [4] предложен цифровой двойник системы сборки космического корабля и смоделированы сценарии ее работы с использованием различных данных в реальном времени. Моделирование выполнено с целью анализа рабочего состояния и выбора практичной и осуществимой схемы работы системы сборки.

Метод оценки согласованности между цифровым двойником цеха и связанными с ним физическими объектами, предназначенный для обеспечения достоверности моделей предложен в работе [5]. В работе [6] рассматривается динамичная и изменчивая среда производства оборудования, для которой была разработана структура реконструкции на основе цифрового двойника для полуавтоматической сборочной линии. Целью исследования являлась оптимизация схемы производственного планирования.

Авторы работы [7] предложили интеллектуальный метод производства на основе цифрового двойника и многоцелевого интеллектуального алгоритма оп-

тимизации для решения проблемы неэффективной совместной работы людей и роботов в производственных системах. Цифровой двойник использовался для представления целей и ограничений процесса оптимизации, а также проверки производительности предлагаемого алгоритма.

Некоторые ученые сосредоточились на изучении функции расширения модели цифровых двойников и провели имитационные исследования, в которых, непосредственно на основе результатов моделирования, предложены стратегии улучшения. Исследователями в работе [8] предложен метод профилактического обслуживания станков с ЧПУ на основе ЦД для обеспечения эффективности работы и безопасности станков с ЧПУ при обработке. Благодаря построению модели ЦД и моделированию на основе ЦД спрогнозирован остаточный срок службы станка и вероятность возможного отказа, а также приняты своевременные превентивные решения для предотвращения значительных экономических потерь или поломок.

В работе [9] изучен цифровой двойник гибкой производственной системы, основанный на имитационном моделировании, учитывающий все более разнообразные потребности клиентов. Основной целью является быстрая переналадка и оптимизация производственных процессов посредством оптимальной конфигурации задач сборки на основе моделирования цифрового двойника, чтобы в конечном итоге лучше соответствовать индивидуальным требованиям заказчиков.

Авторы работы [10] установили модель цифрового двойника кузова автомобиля в цехе сварки. В процессе работы имитационная модель на основе цифрового двойника улучшена путем повторных экспериментов для восполнения нехватки данных в системе. В дальнейшем было реализовано отслеживание и анализ сварочного процесса в режиме реального времени, чтобы улучшить качество сварки кузова автомобиля и сократить количество исправлений брака.

В работе [11] представлен экспериментальный метод моделирования цифрового двойника для линии сборки передней и средней крышек трансмиссии, а также создана соответствующая модель цифрового двойника для реализации виртуального отображения физической линии сборки и управления данными всего цикла сборки. Кроме того, проанализирована работа линии сборки, а с помощью моделирования обнаружены узкие места. Затем были предложены и проверены стратегии улучшения на основе повторного моделирования. Результаты показывают, что стратегии улучшения могут эффективно оптимизировать время цикла и балансировку скорости линии сборки и в некоторой степени повысить производительность. Однако для дальнейшей оптимизации времени цикла требуются гораздо больше мер по улучшению, таких как реконструкция линии сборки, модернизация оборудования или инструментов и другие направления.

Международная академия производственной инженерии определяет ЦД как «цифровое представление уникальной продукции (реальное устройство, объект, машина, услуга или нематериальный актив) или уникальной системы «продукт-услуга» (система, состоящая из продукта и связанной с ним услуги)

которая включает в себя его выбранные характеристики, свойства, условия и поведение посредством моделей, информации и данных в рамках одной или даже нескольких фаз жизненного цикла» [12]. ЦД широко распространено с точки зрения его использования в цикле продукта и производства с большим объемом интеграции данных в реальном времени для обеспечения корректирующих действий и надзора для улучшения решений, операций и прогнозирования поведения с помощью имитационного моделирования [13].

Рассмотрим виды цифровых двойников в разрезе жизненного цикла изделия, предложенные в работе [14].

Аспекты использования цифровых двойников на производстве можно разделить на два этапа. Первый этап состоит из проекта цифрового планирования и цифровой инженерной модели, в рамках которой происходит моделирование оборудования и виртуальный ввод в эксплуатацию. Физический завод строится в соответствии с этой моделью. После создания физического предприятия статусы планирования и цифровая инженерная модель становятся цифровыми двойниками. На втором этапе создается физическое предприятие. С этого момента можно говорить о соотношении 1:1 между цифровой моделью и физическим производственным предприятием.

Ф. Бизингер, М. Вейрих предлагают виды цифровых двойников, используемых в производстве, в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Виды цифровых двойников, соответствующие этапам жизненного цикла изделия

Двойник планирования: на основе цифрового двойника (геометрического двойника) создается проект планирования производства. Например, при планировании производства последовательность сборки изделия берется из геометрического двойника и на его основе создается требуемая производственная система.

Инженерный двойник: поставщик оборудования создает так называемого инженерного двойника, который используется для проведения моделирования процесса функционирования роботизированных ячеек, а также виртуального ввода в эксплуатацию. Производственная система строится в соответствии с этой подробной имитационной моделью. После запуска производства модель планирования становится двойником планирования, а инженерная модель становится инженерным двойником.

Двойник управления: это цифровой двойник с точки зрения технологии управления и автоматизации. Поскольку ПЛК являются центральными элементами управления в пирамиде автоматизации и в основном внедряются в производственные системы, этот цифровой двойник использует информацию из ПЛК. Он также использует информацию с устройств с поддержкой Интернета вещей (IoT) в производстве, визуализирует сигналы в реальном времени и информацию непосредственно с ПЛК на производственном предприятии. Кроме того, цифровой двойник технологии управления создает важные диаграммы и графики для производства. Он также обеспечивает удаленный доступ к производственному предприятию. В настоящее время проводятся исследования революционной концепции автоматизации, известной как киберфизическая производственная система.

Двойник технического обслуживания – это цифровая имитационная модель, которая соответствует физическому заводу. Цифровая модель проходит через соединение в реальном времени параллельно физической производственной линии. Двойник обслуживания используется для более быстрого устранения неполадок. Это относится, в частности, к производственным ячейкам, к которым трудно получить доступ, таким как система лазерной сварки, в результате работы которой образуется множество вредных газов. Таким образом, двойник обслуживания позволяет проводить раннее устранение неполадок до того, как производственная ячейка будет остановлена для планового предупредительного ремонта. Кроме того, цифровая имитационная модель в двойнике обслуживания показывает точное место, где произошла неисправность. Однако, недостатком двойника обслуживания в настоящее время является ручная поддержка имитационной модели.

Интеграционный двойник планирования: позволяет лучше интегрировать новый продукт в существующую производственную линию при планировании производства. Бизингер и др. [15, 16] разработали метод, который позволяет генерировать текущий статус планирования на основе текущей информации с производственного предприятия. Кроме того, разработанный метод генерирует дополнительную текущую информацию, которая требуется для интеграционного планирования. Например, соединения между различными производственными

ми станциями и более подробную информацию о точках соединения, которые робот прикрепляет к соответствующим частям изделия. Для автоматического создания этого цифрового двойника метод использует различные технологии, такие как программный анализ резервных копий контроллера. Текущие данные являются основным источником и могут быть объединены с существующими цифровыми моделями с помощью нового метода для отображения состояния производства. Таким образом, интеграционный двойник может повысить качество планирования.

Двойник реконфигурации – позволяет ускорить переоснащение производственных линий в будущем. Астхари и др. [17] разрабатывают так называемый метод опорной точки, который позволяет автоматически определять взаимосвязи между программным обеспечением, электрическими и механическими компонентами на основе модифицированного кода ПЛК. Анализируя старый и новый коды ПЛК, разработанный метод автоматически определяет дополнительные необходимые изменения. Это позволяет ускорить синхронизацию цифрового двойника, который зависит от кода ПЛК, что дает возможность ускорить время переналадки при модернизации.

Анализ проблемы автоматизации управления производственными процессами показал, что применение ЦД внедряется для большинства решаемых задач. Среди таковых можно выделить интеллектуализацию принятия решений, динамическое планирование, управление профилактическим обслуживанием станков, оптимизацию производственных процессов, управление производством на различных этапах жизненного цикла. Получаемая с помощью ЦД актуальная информация о производственном предприятии позволяет выявлять узкие места и повышать эффективность использования оборудования. Дополнительным преимуществом является сокращение ошибок при управлении производством.

Список литературы

1 Гаврюшина, Е.В. Уровни цифровых двойников производственных систем / Е.В. Гаврюшина, А.И. Сергеев // Школа-семинар молодых учёных и специалистов в области компьютерной интеграции производства: материалы XI Всероссийской конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург, 2024. – С. 155-157.

2 Zhuang, C. Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor / C. Zhuang, J. Liu, H. Xiong // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2018. – №96(1–4). – P. 1149–1163. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1617-6>.

3 Ding, K. Defining a digital twin-based cyber-physical production system for autonomous manufacturing in smart shop floors / K. Ding, F.T.S. Chan, X. Zhang, G. Zhou, F. Zhang // International Journal of Production Research. – 2019. - №57(20). - P. 6315–6334. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1566661>.

4 Zhang, M. Digital twin enhanced dynamic job-shop scheduling / M. Zhang, F. Tao, A. Nee // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2021. – №58. P. 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.04.008>.

5 Zhang, H. A consistency evaluation method for digital twin models / H. Zhang, Q. Qi, F. Tao // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2022. – №65. – P. 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.006>.

6 Zhang, D. Digital twin enabled optimal reconfiguration of the semi-automatic electronic assembly line with frequent changeovers / D. Zhang, J. Leng, M. Xie, H. Yan, Q. Liu, // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. – 2022. – №77. – 102343. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102343>.

7 Zhu, Q. Dynamic reconfiguration optimization of intelligent manufacturing system with human-robot collaboration based on digital twin / Q. Zhu, S. Huang, G. Wang, S. Moghaddam, Y. Lu, et al. // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2022. – №65. – P. 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.021>.

8 Luo, W. C. (2020). A hybrid predictive maintenance approach for CNC machine tool driven by digital twin / W.C. Luo, T.L. Hu, Y.X. Ye, C.R. Zhang, Y.L. Wei // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. – 2020. – №65. – 101974. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101974>.

9 Leng, J. (2022). Digital twins-based flexible operating of open architecture production line for individualized manufacturing / J. Leng, Z. Chen, W. Sha, Z. Lin, J. Lin, et al. // *Advanced Engineering Informatics*. – 2022. – №53. – 101676. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101676>.

10 Li, H. (2023). Real-time detection method for welding parts completeness based on improved YOLOX in a digital twin environment / H. Li, X. Yan, Y. Zhang, G. Liu, Z. Zhai, et al. // *Measurement Science and Technology*. – 2023. – №34(5). – 055004. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/acb0ee>.

11 Cao, X. Digital Twin Modeling and Simulation Optimization of Transmission Front and Middle Case Assembly Line / X. Cao, M. Yao, Y. Zhang, X. Hu and C. Wu // *CMES – Computer Modeling in Engineering and Sciences*. – 11 March 2024. – Volume 139, Issue 3. – P. 3233-3253.

12 Stark, R. Digital Twin. / R. Stark, T. Damerau. In S. Chatti, T. Tolio (eds) *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2019. – https://doi.org/10.1007/978-3-642-35950-7_16870-1.

13 Mourtzis, D. Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends. / D. Mourtzis // *International Journal of Production Research*. – 2020. – №58 (7). – P. 1927–1949.

14 Biesinger, F. The Facets of Digital Twins in Production and the Automotive Industry / F. Biesinger, M. Weyrich // *23rd International Conference on Mechatronics Technology (ICMT)*. SALERNO. – 2019. – P. 1-6.

15 Biesinger, F. A Case Study for a Digital Twin of Body-in-White Production Systems General Concept for Automated Updating of Planning Projects in the Digital Factory // F. Biesinger, D. Meike, B. Kras and M. Weyrich *IEEE*. – 2018, P. 19–26.

16 Biesinger, F. A digital twin for production planning based on cyber-physical systems: A Case Study for a Cyber-Physical System-Based Creation of a Digital Twin // F. Biesinger, D. Meike, B. Kras, and M. Weyrich *Procedia CIRP*. – 2019. – Vol. 79. – P. 355–360.

17 Ashtari, B. Consistency check to synchronize the Digital Twin of manufacturing automation based on anchor points // B. Ashtari, N. Jazdi, W. Schloegl, and M. Weyrich, *Procedia CIRP*. – 2018. – Vol. 72. – P. 159–164.

АППРОКСИМАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ РЯДА ТЕЙЛОРА В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Гамова Н.А., канд. пед. наук, доцент, Сергеев М.А., Калашников Н.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Рассмотрим ряды Тейлора, которые используются при аппроксимации функции многочленами. Аппроксимация – научный метод, состоящий в замене одних объектов другими. Предположим, что функция $f(x)$ имеет все производные до $(n + 1)$ -го порядка включительно в некотором промежутке, содержащем точку $x = a$.

Рядом Тейлора в точке a функции $f(x)$ вещественной переменной x , бесконечно дифференцируемой в окрестности точки a , называется степенной ряд:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x - a)^n .$$

Другими словами, рядом Тейлора функции в точке называется ряд разложения функции по положительным степеням двучлена $(x - a)$:

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)(x - a)^2}{2!} + \dots .$$

Ряд Маклорена является частным случаем ряда Тейлора при $a=0$:

$$f(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{f''(0)x^2}{2!} + \dots .$$

С помощью данных рядов можно вычислять значения функций с высокой точностью, что бывает полезно при решении инженерных задачах, где требуется строгий подход к моделированию и анализу систем.

В качестве примера можно рассмотреть вычисление иррациональных констант, таких как число Эйлера (e), число π , пластическое число p с помощью ряда Тейлора. Каждая из таких констант представляет собой бесконечную десятичную дробь. Для практического применения таких констант достаточно определённого количества знака после запятой. Для исчисления таких констант чаще всего используется калькулятор или иные вычислительные устройства. При этом они основаны на методе исчисления с помощью ряда Тейлора.

Самая простая для исчисления константа – число Эйлера. Для того, чтобы вычислить её, достаточно взять функцию

$$y = e^x$$

и разложить её в ряд Маклорена:

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

Для того, чтобы посчитать число Эйлера, достаточно подставить $x=1$ и вычислить правую часть с точностью, которая требуется в рамках данной задачи.

Интересен способ вычисления числа π . Для его исчисления потребуется выбрать некоторую функцию, которая в результате работы даст число π , либо будет кратно ему или его делителем.

Одним из способов вычисления числа π является разложение биномиального ряда $(1 - x^2)^{1/2}$ в ряд Тейлора. Проинтегрировав данный ряд от нуля до $1/2$, получим значение $\pi/4$. Этим воспользовался Ньютон при своём вычислении данной константы ещё до публикации Брука Тейлора о данном типе рядов [2].

Проведя преобразования с помощью свойств ряда, получим функцию $\arctg(x)$. Разложив функцию в ряд, получим:

$$\arctg(x) = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \dots$$

Как известно, арктангенс единицы равен $\pi/4$. Таким образом, подставив вместо x единицу и умножив правую часть на 4, получим искомое значение константы с требуемой точностью. Эйлер, автор обозначения числа π , получил таким методом 153 знака после запятой [4].

Более сложным является пластическое число ρ . Эта константа – единственный действительный корень уравнения:

$$x^3 = x + 1.$$

Его численное значение, в отличие от двух предыдущих констант, чётко задаётся суммой корней третьей степени:

$$\rho = \sqrt[3]{\frac{1}{2} + \frac{1}{6} * \sqrt{\frac{23}{3}}} + \sqrt[3]{\frac{1}{2} - \frac{1}{6} * \sqrt{\frac{23}{3}}}.$$

Радикальные множители и слагаемые можно вычислить через биномиальные ряды. Данная константа полезна для решения уравнений, представленных ниже, и им подобных, так как она является одним из корней данных уравнений.

$$\begin{aligned}x^5 &= x^4 + 1, \\x^5 &= x^2 + x + 1, \\x^5 &= x^4 + x^3 - x, \\x^6 &= x^2 + 2x + 1.\end{aligned}$$

Большое внимание уделяется ряду Тейлора при использовании для аппроксимации траектории движения летательных аппаратов. Этот метод открывает перед нами возможность упрощения сложных дифференциальных уравнений, которые описывают кинематические характеристики летательного аппарата. Позволяет облегчить понимание и прогнозирование динамики полета.

Рассмотрим ракету как материальную точку с постоянной массой. Для аппроксимации траектории используется ряд Тейлора для функций, описывающих положение и скорость летательного аппарата. Предположим, что у нас есть функции $x(t)$ и $y(t)$, описывающие координаты тела (ракеты/мат. точки) в зависимости от времени t .

Разложим функции $x(t)$ и $y(t)$ в ряд Тейлора в окрестности начального момента времени $t=t_0$:

$$\begin{aligned}x(t) &\approx x(t_0) + \frac{x'(t_0)}{1!}(t - t_0) + \frac{x''(t_0)}{2!}(t - t_0)^2 + \dots \\y(t) &\approx y(t_0) + \frac{y'(t_0)}{1!}(t - t_0) + \frac{y''(t_0)}{2!}(t - t_0)^2 + \dots\end{aligned}$$

В качестве примера рассмотрим упрощённую модель, где летательный аппарат движется под действием только гравитации. Пусть $y(t)$ – высота ракеты над поверхностью Земли, а $v(t)$ – её скорость.

Уравнение движения будет: $y''(t) = -g$ где g – ускорение свободного падения. Так как вторая производная есть константа, то производные более высоких порядков будут равны 0, следовательно, в конечном разложении останутся только первые три слагаемых.

Разложим $y(t)$ в ряд Тейлора в окрестности $t=0$:

$$y(t) \approx y(0) + y'(0)t - \frac{g}{2}t^2.$$

Если начальные условия $y(0)=y_0$ и $y'(0)=v_0$, то:

$$y(t) \approx y_0 + v_0t - \frac{g}{2}t^2.$$

Это уравнение дает аппроксимацию высоты летательного аппарата на небольшом интервале времени.

Рассмотрим использование ряда Тейлора в расчетных задачах не только с упрощенными моделями, но и с реальными объектами: ракета с переменной массой. Возьмем преобразованное уравнение Мещерского, применяемое в создании корпуса летательного аппарата:

$$m \frac{dv}{dt} = F^{ext} + \frac{dm}{dt} u .$$

где $m(t)$ – масса материальной точки, зависящая от времени;

v – скорость движения материальной точки;

F^{ext} – обозначение переносной скорости в ракетодинамике;

u – относительная скорость присоединяющихся и отсоединяющихся частиц.

Предположим, что $F^{ext} = 0$ относительная скорость, которая постоянна и ракета движется поступательно. Проецируя на ось X , с учетом $u_x = -u$ получим уравнение Циолковского:

$$m \frac{dv_x}{dt} = - \frac{dm}{dt} u .$$

Проведя все подстановки и применив интегрирования, получаем скорость ракеты, которая израсходовала все топливо:

$$v_x = v(0) + u \ln \left(1 + \frac{m_{\text{топл}}(0)}{m^*} \right) ,$$

где m – масса израсходованного топлива.

Если аппроксимировать логарифмическую функцию $\ln(1+x)$, где x – отношение масс, с помощью ряда Тейлора:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3!} - \frac{x^4}{4!} + \dots ,$$

то можно провести расчеты с высокой точностью за короткое время.

Таким образом, рассмотрев ряд Тейлора, можно сделать вывод, что его применение позволяет не только упростить математические вычисления, но и расширить возможности анализа и моделирования в различных инженерных задачах. При аппроксимации аппроксимирующая функция (например, аппроксимирующий полином) не обязательно должна строго проходить через точки результатов измерений, наиболее точно результаты измерений могут быть описаны функцией, содержащей большое количество слагаемых. Однако на свойства функции в промежутках между результатами измерений накладываются и другие специальные требования.

Список литературы

- 1 Midhat J. Gazalé. Gnomon — [Princeton University Press](#), 1999.
- 2 YouTube [Электронный ресурс]: Как вычислялось число Пи? [Veritasium] – Режим доступа: <https://www.youtube.com/>
- 3 Захаров, И. С. Применение дифференциальных уравнений в теории полета ракеты: / И. С. Захаров, Н. А. Гамова // Шаг в науку, 2019. – № 4. – С. 29-31. – 3 с.
- 4 Сайт Ивановского государственного университета [Электронный ресурс]: Число Пи – Режим доступа: <https://math.ivanovo.ac.ru/>

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

**Геллеверя М.В., Шерстобитова В.Н., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В данной работе рассматривается система воздухоснабжения защитного сооружения гражданской обороны (ЗС ГО), выполненная на фильтровентиляционном комплекте (ФВК-2) вместимостью до 150 человек, автоматизированная система радиационно-химического контроля воздушной среды (АС РХК).

Цель работы – разработка и внедрение системы автоматического управления системы воздухоснабжения ЗС ГО.

Актуальность темы обусловлена рядом факторов.

1. Обеспечение необходимого микроклимата, давления и очистки воздуха от вредных и ядовитых веществ, для безопасного пребывания людей в пункте ЗС ГО.

2. Обеспечение эффективной и надёжной работы системы воздухоснабжения в условиях чрезвычайной ситуации.

3. Оптимизация работы системы воздухоснабжения в энергосберегающем режиме.

4. Оптимизация затрат на модернизацию, установку и эксплуатацию системы воздухоснабжения.

Система воздухоснабжения на ФВК-2 ЗС ГО является принудительной. Имеет три режима работы в зависимости от факторов угрозы внешней среды.

Режим I – режим чистой вентиляции. Очистка воздуха от аэрозолей (обычной пыли) в пылефильтрах или предфильтрах.

Режим II – режим фильтровентиляции. Основной режим при возникновении или угрозы возникновения чрезвычайной ситуации. Воздух проходит двух- или трёхступенчатую очистку в пылефильтрах, предфильтрах и фильтрах-поглотителях.

Режим III – полной или частичной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха и создание подпора. Предусматривается в ЗС на предприятиях и в других местах, где возможна загазованность наружного приземного воздуха продуктами горения или сильнодействующими, ядовитыми и другими вредными веществами.

На рисунке 1 схематично изображено строение и принцип работы воздухоснабжения.

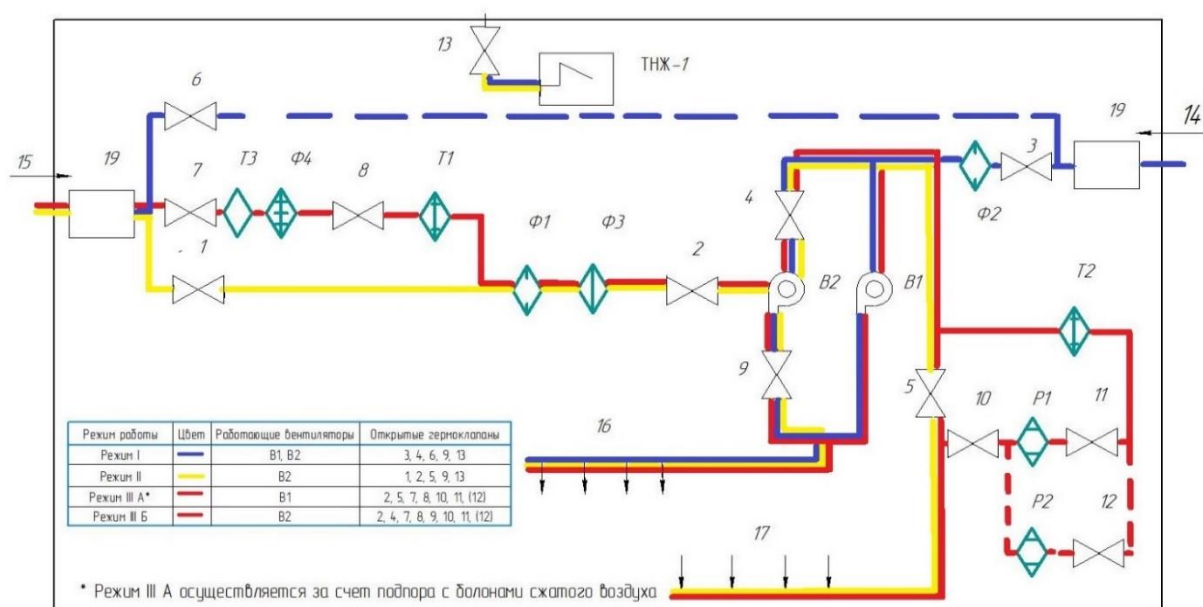


Схема работы воздухоподогревателя ЗС ГО выполнена на ФВК-2

1, 13 – гермакраны; 14 – воздушный забор чистой вентиляции; 15 – воздушный забор фильтра-вентиляции воздуха; 16 – воздушный забор; 17 – воздушный забор для рециркуляции воздуха; 18 – линия герметизации; 19 – расширительная камера; Ф1, Ф2 – противобоильные фильтры (ПФП-1000); Ф3 – фильтр-поглонитель (ФПУ-200); Ф4 – фильтр на окись углерода (ФГ-70); В1, В2 – электроприводные вентиляторы (ЭРВ 600/300); Т1, Т2 – теплообменники; Т3 – нагреватель; Р1, Р2 – регенеративный патрон установки РУ – 150/6; ТНЖ-1 тягонасос.

Рисунок 1 – Схема работы воздухоподогревателя ЗС ГО, выполненная на ФВК-2

Выбор режима воздухоподогревателя ЗС ГО зависит от данных об угрозе, полученных по каналам связи; данных мониторинга окружающей среды вблизи ЗС ГО и объектов прилегающей территории; данных измерительных приборов внешней среды и внутри самого ЗС ГО. Это объединено в АС РХК.

Основные функции АС РХК:

- непрерывный автоматический забор, обработка и отображение информации о составе воздуха с датчиков системы;
- ведение архива данных измеряемого состава воздуха и превышении пороговых показателей;
- автоматический контроль состава воздуха и микроклимата в ЗС;
- оповещение (индикация, сигнализация) о превышении пороговых показателей состава воздуха.

АС РХК используется на многих производствах химической и нефтегазовой промышленности, объектах атомной энергетики, военных объектах, пунктах и ЗС ГО.

На рисунке 2 изображена структурная схема АС РХК.



Рисунок 2 – Структурная схема (АС РХК)

В процессе изучения имеющегося материала в открытых источниках было выявлено, что большинство ЗС ГО с системой воздухообеспечения по типу ФВК-2 были разработаны, построены и введены в эксплуатацию с середины XX века. Были спроектированы и рассчитаны на ручное управление. Соответственно в процессе разработки автоматизированной системы управления воздухообеспечения ЗС ГО некоторые элементы и узлы системы будут модернизированы или заменены. Установка гермоклапанов с электроприводом ГК ИА - 01012-200 вместо ручных. Замена тягонапоромера жидкостного (ТНЖ – 1) или дублирование тягонапоромера электронным с выводом данных.

При разработке автоматизированной системы управления основная задача – объединение через ПЛК электроприводов гермоклапанов и электродвигателей вентиляторов для работы в заданных режимах. Для решения данной задачи необходимо:

- разработать алгоритмы управления;
- разработать способ подключения и настройки рабочего оборудования, создать панель управления;
- реализовать прототип системы управления в программном комплексе (как пример: программный комплекс – CoDeSyS, контролер – ОВЕН ПЛК).

Исходя из сегодняшних реалий, данная работа значима для создания необходимых условий безопасного пребывания людей в ЗС ГО в мирное время при ЧС, так и в военное время.

Список литературы

1 Защитные сооружения гражданской обороны (устройство и эксплуатация): учебно-методическое пособие / Под ред. Г-Н. Кириллова. – М.: Институт риска и безопасности, 2004. – 320 с.

2 Система радиационно- химического контроля воздушной среды (АС РХК) [Электронный ресурс]: сайт компании: ООО НПФ «ИНКРАМ». – Режим доступа: <https://www.inkram.ru/catalog/AZK-01/AZK> .

3 Защитные сооружения гражданской обороны: учеб.-метод. пос. / В.Ф. Ластовкин, А.П. Козлов, В.А. Забелин; Нижегор. гос. архитектур.- строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2020 – 79 с. – ISBN 978-5-528-00407-5

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОЗИРОВАНИЯ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ

Глотов Е.М.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Автоматизация подачи фотополимерной смолы в производственные процессы действительно может привести к значительной экономии времени и денег. Вот несколько ключевых моментов, которые стоит рассмотреть.

1. Снижение трудозатрат: автоматизированные системы дозирования устраняют необходимость в ручном контроле и регулировке процессов. Это позволяет сократить время, затрачиваемое на наладку оборудования, и минимизировать количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

2. Повышение точности дозирования: современные автоматические дозаторы обеспечивают высокую степень точности при подаче смолы. Это снижает количество брака и потерь материала, в результате чего уменьшаются затраты на закупку дополнительных ресурсов.

3. Оптимизация использования материалов: системы контроля и мониторинга позволяют более эффективно управлять запасами смолы, уменьшая количество отходов. Благодаря этому расходы на материал снижаются, а производственные процессы становятся более устойчивыми.

4. Ускорение производственного процесса: за счёт автоматизации удаётся значительно ускорить циклы производства, что позволяет увеличить объем выпускаемой продукции. По мере роста объема производства, операционные затраты на единицу товара также снижаются.

5. Снижение временных затрат на обучение персонала: системы автоматического дозирования требуют меньшего вмешательства со стороны операторов, что сокращает время, необходимое на обучение новых сотрудников, а, значит, можно быстрее вывести производство на полноценный уровень функционирования.

6. Улучшение качества продукции: автоматизация позволяет поддерживать постоянные параметры процесса, тем самым улучшая качество конечного продукта. Это может привести к снижению возвратов и гарантийных рекламаций, что также снижает затраты.

7. Повышение безопасности: автоматизация процессов подачи смолы позволяет минимизировать риски, связанные с ручной работой с потенциально опасными материалами. Уменьшение занимаемого человеком времени в непосредственной близости от опасных веществ приводит к снижению затрат на охрану труда и возможных компенсаций.

8. Долгосрочная экономия: хотя начальные инвестиции в системы автоматизации могут быть высокими, долгосрочные преимущества, такие как снижение затрат на материальные ресурсы, повышение производительности и

улучшение качества – это факторы, которые окупают затраты и ведут к увеличению прибыльности предприятия.

Суммируя, автоматизация подачи фотополимерной смолы не только повышает общую эффективность производственного процесса, но и обеспечивает значительную экономию времени и денег в различных аспектах, связанных с управлением производством.

Автоматизация подачи фотополимерной смолы в производственном процессе представляет собой значительный шаг к улучшению экономической эффективности, благодаря чему достигаются значительные сокращения затрат, повышение производительности и снижение рисков, связанных с человеческим фактором. Рассмотрим более подробно, какие именно экономические выгоды можно получить от внедрения системы автоматического дозирования, основываясь на условных данных, характерных для работы.

До автоматизации на производстве было задействовано 4 работника с почасовой оплатой 350 руб. Каждый работник трудился по 2000 часов в год, что составляло немалую часть общих затрат. С внедрением автоматизации количество сотрудников было сокращено до одного, что позволило значительно снизить затраты на рабочую силу. Так, экономия на оплате труда составила:

$$C_{\text{экономия на затратах}} = (4 - 1) * 350 * 2000 = 2100000 \text{ руб./год.}$$

Поскольку работодатель уже не несет расходы на зарплату лишним сотрудникам. Важно отметить, что сокращение числа работников не только уменьшает затраты на зарплату, но и минимизирует риски ошибок, связанных с человеческим фактором, что положительно сказывается на стабильности технологического процесса.

Одним из ключевых аспектов экономии является снижение потерь фотополимерной смолы, которые до автоматизации составляли около 5 % от общего объема. Это привело к значительным перерасходам материала, что увеличивало себестоимость производства. После внедрения автоматической системы дозирования, точность подачи материала возросла, и потери снизились до 1 %. В результате, на годовом объеме потребляемой смолы (1,200 кг) экономия составила:

$$C_{\text{экономия на материалах}} = (0.05 - 0.01) * 1200 * 4000 = 192000 \text{ руб./год.}$$

Это уменьшение потерь также снижает нагрузку на поставщиков и увеличивает общую экономическую эффективность процесса.

Важным моментом является и повышение производительности. До автоматизации объем производства составлял 1,800 единиц продукции в год, но после внедрения системы дозирования, производительность возросла до 2,500 единиц в год. Это увеличение на 700 единиц продукции при цене единицы продукции 3,000 руб. обеспечило дополнительную выручку в размере:

$$R_{\text{доп. выручка}} = (2500 - 1800) * 3000 = 2100000 \text{ руб./год.}$$

Повышение производительности не только способствует росту доходов компании, но и позволяет быстрее удовлетворить потребности рынка, что увеличивает конкурентоспособность предприятия.

Кроме того, автоматизация помогла сократить время простоя оборудования, которое до внедрения системы составляло 150 часов в год. С переходом на автоматическое дозирование время простоя снизилось до 50 часов в год. Время простоя влечет за собой не только потерю производственных мощностей, но и дополнительные затраты, связанные с ремонтом и обслуживанием оборудования. Сокращение простоев на 100 часов в год принесло экономию в размере:

$$C_{\text{сокращение простоев}} = (150 - 50) * 1200 = 120000 \text{ руб./год.}$$

Это стало возможным благодаря более стабильной работе автоматической системы и снижению рисков, связанных с человеческим фактором.

Внедрение автоматизации потребовало инвестиций в размере 800,000 руб. Однако суммарная годовая экономия, включающая сокращение затрат на труд, снижение потерь материала, увеличение выручки от роста производительности и сокращение убытков от простоев, составила 4,512,000 руб. в год. Таким образом, общая экономическая эффективность автоматизации, рассчитанная как разница между экономией и затратами на внедрение, равна:

$$E_{\text{общ}} = (2100000 + 192000 + 2100000 + 120000) - 800000 = \\ = 3712000 \text{ руб./год.}$$

Эти результаты наглядно демонстрируют, что автоматизация подачи фотополимерной смолы не только окупается в кратчайшие сроки, но и обеспечивает долгосрочные преимущества. Она позволяет минимизировать производственные затраты, повысить качество продукции и устойчивость производственного процесса, что делает её неотъемлемой частью современных производственных линий.

Список литературы

1 Фотополимерное производство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mehanicheskikh-svoystv-napolnennykh-fotopolimerov-v-oblasti-additivnykh-tehnologiy> – (дата обращения: 21.01.2025).

2 Спешилова, Н. В. Тенденции развития экономики России на фоне общемировых трендов в условиях четвертой промышленной революции / Н. В. Спешилова, Д. А. Андриенко, Р. Р. Рахматуллин, Е. А. Спешиллов // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 6, Том 10. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/39ECVN618.pdf>

3 Лазерный датчик расстояния серии D [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metr-k.ru/files/products/level/dimetix/manual.pdf> – (дата обращения: 23.11.2024).

4 Глумов, В.В. Автоматизация 3D печати / В.В. Глумов; Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. технический ун-т им. А.С. Гроздева. – Воронеж: НГТУ, 2013. – 202 с.

5 Воскресенский, М.А. Системы автоматизированного проектирования: эксплуатация фотополимерных принтеров / Г.В. Ботраков, М.А. Воскресенский; 1-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2014. – 256 с.

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Головин А.В.

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

При создании автоматизированных систем в качестве методологического подхода применяются системный и процессный. Восстановления основных фондов следует рассматривать как совокупность отдельных процессов: планирование работ, ведение договорной работы, организация и выполнение ремонтных работ, осуществление строительного контроля, приемка выполненных работ. Каждый отдельный процесс – это совокупность ориентированных действий, связанных между собой входами и выходами процесса. Идентификация процессов дает возможность реализации автоматизации не отдельного процесса, а процесса в целом, таким образом возможна реализация процессного подхода, при котором конкретный процесс рассматривается как совокупность бизнес-процессов (рисунок 1).

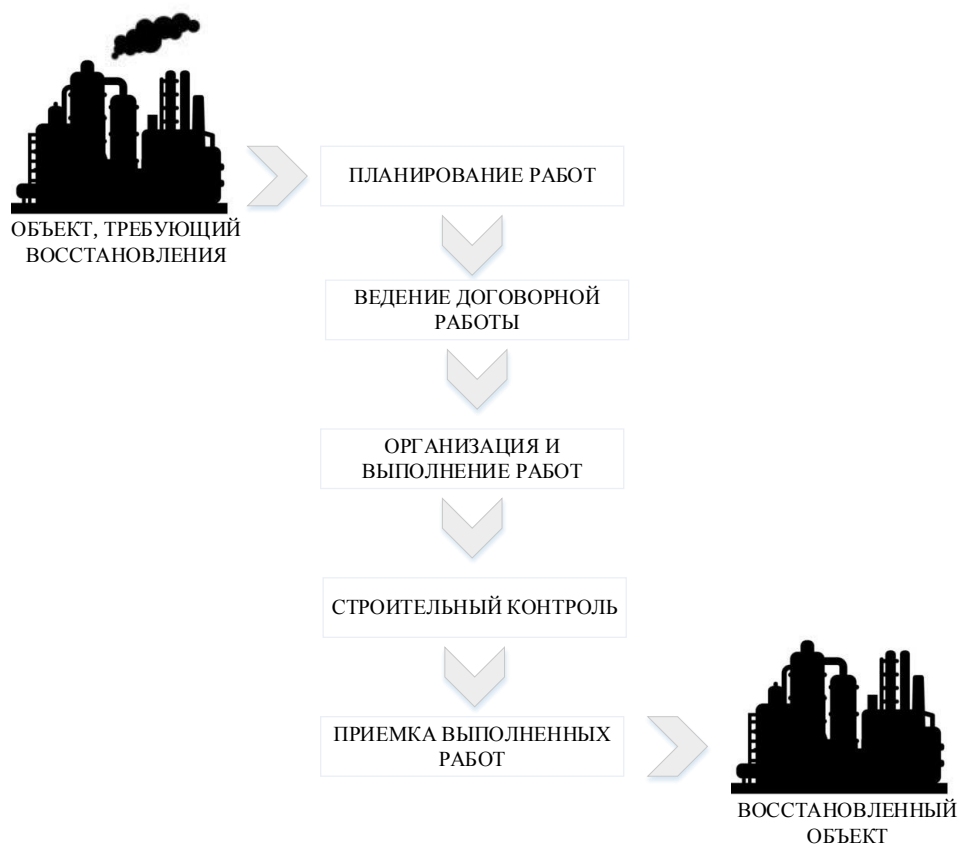


Рисунок 1 – Схема процесса восстановления основных фондов газодобывающих предприятий

Автоматизированные системы управления с применением процессного подхода нацелены на идентификацию существующих процессов в производстве, кроме этого с его помощью возможно разграничить зоны ответственности за каждый процесс, осуществлять аналитику и управление ими, контролировать обеспечение материально-техническими ресурсами (МТР) и готовность персонала подрядных организаций. Также автоматизация с применением процессного подхода способна к выявлению и определению критериев эффективности каждого процесса.

Внедрение имитационного моделирования для автоматизации процесса восстановления основных фондов газодобывающих предприятий занимает длительное время на разработку, а также внедрение нового функционала, конфигурацию модели. С условием применения процессного подхода к автоматизации процесса возможно использование цикла Деминга (итеративного метода принятия решений «PDCA» («Plan-Do-Check-Act»)) [1]. Методология PDCA представляет собой алгоритм действий руководителя по управлению процессами и достижению его целей и состоит из планирования, выполнения, проверки и воздействия. Среди разработчиков наиболее близкой к PDCA методикой является Scrum. Это методика гибкого управления проектами, которая позволяет структурировать работу и управлять ею при помощи набора ценностей, принципов и практик.

При выборе процессного подхода приоритетом является сам процесс. В решении задач автоматизации процесса восстановления основных фондов приоритетом является максимальный учет внешних и внутренних факторов при разработке имитационной модели (рисунок 2).

С учетом специфики процесса восстановления основных фондов для успешного выполнения запланированных ремонтных работ требуется реализовать следующие процессы:

- определение потребности МТР, сроков производства работ (планирование);
- подготовка требуемой документации (заключение договоров);
- комплектация МТР и их поставка на объект ремонта;
- организационная и технологическая готовность исполнителя работ (подрядной организации);
- внесение корректирующих действий и принятие управленческих решений при необходимости;
- выполнение ремонтных работ.

По общепринятой практике в газодобывающих обществах процесс восстановления основных фондов функционирует в информационной среде самого общества. Сторонняя информация, поступающая от подрядных организаций, не интегрирована в информационные системы общества. Таким образом, для выполнения сбора данных, аналитики, на основе которых принимаются управленческие решения, зачастую, выполняется вручную в зависимости от поставленной задачи.

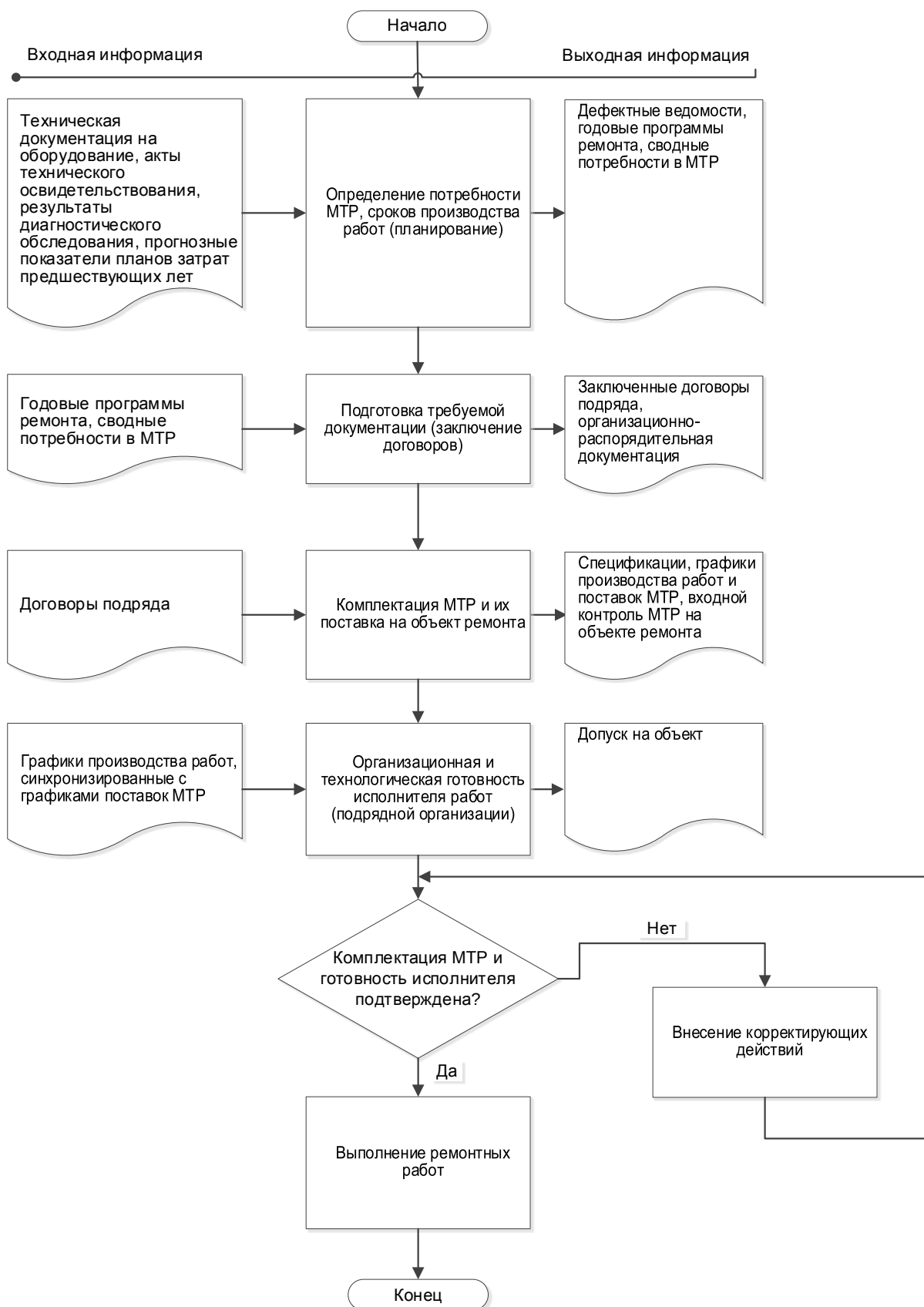


Рисунок 2 – Алгоритм процесса восстановления основных фондов

Синхронизация массива данных газодобывающего общества и подрядных организаций обеспечит повышение эффективности разработки имитационной модели за счет непрерывного контроля владельца процесса, а также разграни-

чения зон ответственности. В случае процесса восстановления основных фондов владельцами процессов являются различные лица, к которым относятся как представителя газодобывающего общества, так и подрядные организации (таблица 1).

Таблица 1 – Владельцы процессов восстановления основных фондов и их ответственность

Владелец процесса	Ответственность
Эксплуатирующее подразделение газодобывающего общества	Определение потребности МТР, сроков производства работ (планирование)
Служба организации восстановления основных фондов газодобывающего общества	Подготовка требуемой документации (заключение договоров)
Подрядная организация	Комплектация МТР и их поставка на объект ремонта
Подрядная организация	Организационная и технологическая готовность
Подрядная организация	Выполнение ремонтных работ

Пользователи процесса восстановления основных фондов, руководствуясь процессным подходом, должны оказывать влияние на процесс, а не на результат. В целях реализации данного аспекта введено условие о принятии решения о необходимости внесения корректирующих действий в процесс ответственным лицом. Например, на объект завезены МТР, оформлен допуск, но по тем или иным причинам не сформирована ремонтная бригада. В этом случае ответственным лицом принимается решение о корректировке сроков ремонта, изменению технологического процесса добычи газа либо выделению дополнительных трудовых ресурсов. Таким образом, управляя качеством процесса, реализуются три фазы: планирование, контроль, улучшение качества.

Кроме владельцев процесса также нужно выявить и потребителей в целях установления требований к выходам процессов. Конечным потребителем процесса восстановления основных фондов является газодобывающее общество, а именно эксплуатирующие подразделения – они в результате совокупности процесса получают восстановленный объект после ремонта. Потребителем процесса планирования является служба организации восстановления основных фондов, процесса заключения договоров и подготовки документации – подрядная организация, процесса комплектации МТР, готовности и выполнения работ – эксплуатирующее подразделение, а также служба организации восстановления основных фондов.

Для управления производственным процессом восстановления основных фондов требуется определить переменные в подпроцессах, которые используются для входов и выходов.

Математическое описание данной системы будет иметь два состояния: с конечным числом системы и неограниченным числом состояний «нечеткие множества».

При состоянии с конечным числом в результат будут входить следующие множества:

- переменных входов I (Input);
- переменных выходов O (Output);
- переменных состояний S (Status);
- функций перехода F_t (function teleport);
- функций выхода F_o (function output).

При этом:

$$F_t = S \times I = S, \quad (1)$$

$$F_o = S \times I = O. \quad (2)$$

Конечность множеств I , O , S делает возможным применение методов моделирования для них с конечным числом элементов. Применение же состояния с неограниченным числом элементов потребует применения нечеткой математики для получения выхода процесса.

Таким образом, специфика процесса восстановления основных фондов требует использования методологии процессного подхода как основу при разработке имитационной модели, так как процессный подход обеспечивает наиболее полное моделирование этапов планирования, комплектации МТР, оценки готовности и непосредственно выполнения ремонтных работ. Кроме этого, с помощью процессного подхода были выявлены владельцы и потребители процессов, а также определены переменные, которые используются для входов и выходов процессов.

Список литературы

1. Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / Владимир Репин, Виталий Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ БЫСТРОРАЗВОРАЧИВАЕМЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Гольченко Д.И.

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

Рассмотрим методологию исследования в системе поддержке принятия решений по организации охраны быстроразворачиваемых систем специального назначения.

В системах поддержки принятия управленческих решений достаточно часто применяется статистический и многомерный анализ, поиск и просмотр исходной информации, DataMining. Однако использование первых двух методик оправдано лишь при наличии небольших объемов данных.

Задачу анализа многомерных, данных можно представить в виде треугольника (рисунок 1), в основании которого объем исходных данных, а горизонтальная прямая, проведенная на разных уровнях, показывает, какой объем данных будут формировать соответствующие методы.



Рисунок 1 – Схема методов анализа данных

По мере роста объемов исходных данных меняется и метод их анализа. Для принятия решения, при наличии краткого перечня данных, достаточно использовать просмотр исходной информации. При среднем объеме исходных данных применяется статистический и многомерный анализ, а при использовании больших данных используется DataMining.

При использовании методов DataMining возможно получение максимально короткого объема информативных выходных значений, при достаточно большом количестве анализируемых входных параметров. Методы и алгоритмы интеллектуальной обработки данных и машинного обучения, применяемые в системах поддержки принятия решений позволяют решить задачи анализа данных различной направленности.

Одним из ключевых направлений, в которых машинное обучение демонстрирует свою эффективность, является анализ данных. Системы, использующие алгоритмы машинного обучения, способны обрабатывать большие объемы информации и выявлять скрытые паттерны, которые могут указывать на потенциальные угрозы или нарушения безопасности.

К основным изменениям в подходе к безопасности относят:

- прогнозирование угроз: машинное обучение позволяет создавать модели, которые могут предсказывать вероятные атаки на основе предыдущих инцидентов, улучшая время реакции;
- анализ поведения пользователей: обучение, способно выявлять аномалии в поведении пользователей, что позволяет выявлять возможные мошеннические действия;
- автоматизация процессов: использование ИИ для автоматизации рутинных задач, таких как мониторинг видеонаблюдения, позволяет освободить ресурсы человеческого труда для более стратегических задач.



Рисунок 2 – Принципы машинного обучения

Таким образом, внедрение технологий машинного обучения в охранную индустрию способствует не только улучшению безопасности, но и созданию более эффективных и интеллектуальных систем защиты.

В период охраны БРССН, которые собирают данные об окружающей среде и состоянии объекта, создают физические данные между собой и центральной системой управления, приводя в режим реального времени, осуществляют контроль времени и контроль ситуации.

Внедрение IoT в системы безопасности позволяет создать интегрированную сеть устройств и сенсоров, которые обеспечивают постоянный мониторинг и управление различными аспектами охраны.

С помощью IoT можно подключить умные сенсоры, камеры наблюдения и другие устройства, которые будут автоматически собирать и передавать данные о состоянии объекта. Это позволяет обеспечить оперативный контроль за происходящим, выявляя аномальное поведение или потенциальные угрозы в режиме реального времени. Например, датчики движения могут мгновенно сообщать о несанкционированном доступе на охраняемую территорию, активируя сигнализацию и уведомляя охрану о происшествии.

Метод анализа рисков. Перед созданием модели аварии необходимо детально изучить аварию и проанализировать риски. Исследования по оценке рисков проводятся на основе системной информации, доступ к которой можно получить из описания системы. Эта информация включает в себя эскизы технологических схем, спецификации оборудования, диаграммы, процедуры и т. д. Существует большое число методов, которые можно использовать для проведения исследований по оценке опасности, например, метод АОРАБ (анализ опасности и работоспособности) – хорошо известный качественный метод идентификации опасности для обнаружения и оценки неисправностей оборудования, приводящих к авариям. Метод АОРАБ включает в себя также выявление проблем с работоспособностью.

Таким образом, проведен обзор методологии исследования в системах поддержки принятия решений, что позволяет предложить методику гибридного использования всех представленных методов для разработки прототипа СППР.

Рассмотрим применение гибридной методики для разработки прототипа системы поддержки принятия решений организации по охране быстроразворачивающихся систем специального назначения.

Гибридный подход в прототипе СППР позволяет выявить возможности анализа риска с интеллектуальными алгоритмами машинного обучения и мониторинга на начальном этапе через IoT, предоставляя операторам системы точные и своевременные рекомендации для принятия оптимальных решений в целях обеспечения безопасности развертывания БРС.

Гибридная методика предполагает выполнение следующих этапов исследования.

Этап 1. Сбор данных. На первом этапе осуществляется сбор данных из различных источников, включая сенсоры IoT, системы видеонаблюдения, а также данные о потенциальных угрозах и рисках. Эти данные могут включать информацию о состоянии объектов, окружающей среде и действиях персонала.

Этап 2. Анализ рисков. На основе собранных данных проводится анализ рисков, который включает в себя идентификацию потенциальных угроз, оценку их вероятности и возможного воздействия. Используются методы количественного и качественного анализа, чтобы определить приоритетные области для вмешательства.

Этап 3. Обучение моделей машинного обучения. Следующим этапом является разработка и обучение моделей машинного обучения, которые могут предсказывать вероятные угрозы и аномалии на основе исторических данных. Модели могут быть обучены на различных типах данных, включая временные ряды и данные о событиях.

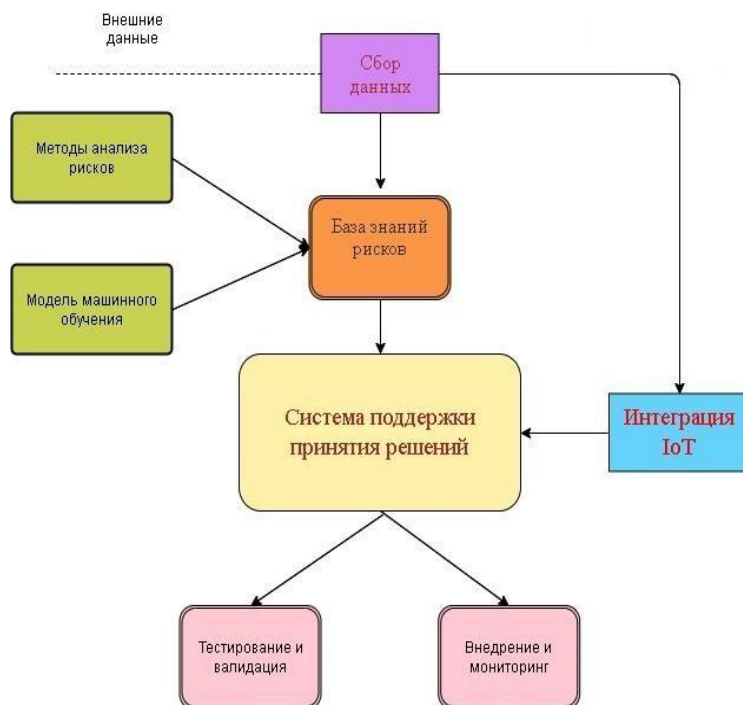


Рисунок 3 – Схема гибридной методики

Этап 4. Интеграция IoT. На этом этапе осуществляется интеграция IoT устройств, которые будут собирать и передавать данные в реальном времени. Это позволяет системе оперативно реагировать на изменения в окружающей среде и выявлять потенциальные угрозы.

Этап 5. Разработка системы поддержки принятия решений. Создается система поддержки принятия решений, которая использует результаты анализа рисков и предсказания моделей машинного обучения для формирования рекомендаций по охране объектов. Система должна быть интуитивно понятной и предоставлять пользователям необходимые инструменты для быстрого реагирования.

Этап 6. Тестирование и валидация. На этом этапе проводятся тестирование и валидация всей системы. Проверяется ее способность эффективно реагировать на различные сценарии угроз и корректно интерпретировать данные, поступающие от IoT-устройств.

Этап 7. Внедрение и мониторинг. После успешного тестирования система внедряется в эксплуатацию. Важно организовать постоянный мониторинг ее работы, чтобы своевременно вносить изменения и улучшения на основе новых данных и изменяющихся условий.

Этап 8. Обучение и адаптация. Последний этап включает в себя обучение персонала и адаптацию системы к новым вызовам и угрозам. Это позволяет поддерживать высокий уровень безопасности и эффективности охраны быстро-разворачиваемых систем специального назначения.

Список литературы

- 1 Введенский, Б. С. Оборудование для охраны периметров / Б. С. Введенский. – М.: «Мир безопасности», 2002. – 112 с.
- 2 Громов, В.И. Энциклопедия безопасности / В.И. Громов, Г.А. Васильев. – М.: Бук-Пресс, 2004. – 271 с.
- 3 GPS-отслеживание: как выбрать софт для контроля сотрудников и активов // A2is URL: <https://a2is.ru/publications/crm/gps-otslezhivanie-kak-vybrat-softdlya-kontrolya-sotrudnikov-i-aktivov> (дата обращения: 03.01.2025)
- 4 Ротанов, Е.Г. Оптимизация сбора и обработки информации для повышения эффективности автоматизированных систем / Е.Г. Ротанов, А.В. Шаховской, С.Н. Родионова // Инновации и инвестиции. – 2023. – №6.
- 5 Башлыков, А.А. Концепция построения перспективных корпоративных информационных систем поддержки принятия решений в управлении и бизнесе / А.А. Башлыков // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2010. – №. 3. – С. 11-21.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПЛАЗМЕННОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

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

Композиционные материалы (КМ) играют ключевую роль в плазменных двигательных установках, особенно в стационарных плазменных двигателях (СПД). При этом КМ должны сочетать в себе высокую износостойкость при экстремальных температурах и отличную электропроводность. Углеродные композиты отличаются жаростойкостью и прочностью и используются в камерах сгорания, магнитных ускорителях и соплах. Керамические композиты, такие как карбид кремния (SiC) и оксид циркония (ZrO₂), характеризуются высокой вязкостью разрушения и жаропрочностью. Карбид кремния устойчив к радиации, а оксид циркония проводит ток при нагревании и обладает низкой теплопроводностью. Арамидные волокна, такие как кевлар и таврон, используются для создания теплозащитных экранов. Их включение в углеродные композиты улучшает общие свойства материалов. Таким образом, композитные материалы способствуют значительному повышению эффективности и долговечности плазменных ракетных двигателей за счет сочетания лучших свойств различных компонентов. В свою очередь плазменный ракетный двигатель, также известный как стационарный плазменный двигатель (СПД), представляет собой электростатический ракетный двигатель на эффекте Холла, использующий различные инертные газы в качестве рабочего тела. Принцип его действия основан на взаимодействии заряженных частиц плазмы с продольным электрическим и поперечным магнитным полями. Это является одним из самых распространенных способов нагревания и удержания плазмы. Однако еще одним востребованным и интересным способом является нагревание с помощью лазерных установок. Лазеры позволяют очень точно контролировать процесс создания плазмы, а также создавать её из широкого спектра материалов, включая металлы, полупроводники и диэлектрики. Лазерная технология обеспечивает быстрое создание плазмы и контроль параметров, таких как температура, плотность и состав.

Главной характеристикой плазмы является – температура. Низкотемпературная плазма имеет температуру до 100 тыс. градусов, а высокотемпературная более 100 тыс. Плазма также отличается степенью ионизации газа, соответственно и температурой.

Низкотемпературная плазма является более востребованной: ее легче получить и экономически она более выгодна. Однако настолько высокие температуры все же требуют особых материалов, которые сочетают в себе различные характе-

ристики, существенно повышающие КПД двигателя. Такие материалы принято называть композитными.

Плазменные ракетные двигатели нуждаются в системах охлаждения, подачи топлива и др. Идеальные композитные материалы должны сочетать в себе большую износостойкость при воздействии экстремальных температур, а также высокую электропроводимость. Ведь, чтобы удерживать плазму и ускорять её, необходимо создать сильное магнитное поле, рисунок 1.



Рисунок 1 – Использование композитов в конструкции плазменного ракетного двигателя

Одними из наиболее рациональных вариантов являются углеродные композиты. Они способны выдерживать экстремально высокие температуры, обеспечивают легкость конструкции, обладают высокой прочностью, что позволяет им выдерживать значительные механические нагрузки. Обладают отличной электропроводимостью, что позволяет создавать сильное магнитное поле, устойчивы к коррозии и эрозии.

Аналогичными характеристиками обладают керамические композиты, их отличает высокая трещиностойкость. Введение промежуточных слоев в структуру композита позволяет улучшить его трещиностойкость, что особенно важно для компонентов, работающих в условиях высоких температур и механических нагрузок.

Наиболее востребованными являются карбид кремния и оксид циркония. Карбид кремния (SiC) является уникальным материалом, который сочетает в себе высокую термостойкость и хорошую электропроводимость, что делает его идеальным для применения в плазменных ракетных двигателях. Отличительной особенностью является устойчивость к радиационному излучению, позволяющая сохранить структуру материала в условиях открытого космоса.

Оксид циркония (ZrO₂) характеризуется высокой термостойкостью и хорошей электропроводимостью. Термостойкость материала позволяет использовать его для создания теплоизолирующих (термобарьерных) покрытий, сочета-

ющих термостойкость, очень низкую теплопроводность и высокую прочность. Электропроводимость диоксида циркония проявляется при нагревании: он проводит ток, что иногда используется для получения нагревательных элементов, устойчивых на воздухе при очень высокой температуре.

Еще одним распространённым и эффективным материалом являются арамидные волокна, такие как кевлар и таврон. Арамидные волокна могут использоваться для создания теплозащитных экранов, которые защищают компоненты двигателя от высоких температур. Они могут быть включены в другие композитные материалы, такие как углеродные композиты, для улучшения их свойств и повышения эффективности.

Для оболочки ступеней ракеты, в том числе и двигателей, возможно использование керамических композитов. Также их применение необходимо для создания теплоизолирующих экранов в пространстве для лазерных установок. Углеродные композиты, благодаря своей термостойкости и отличной электропроводности, могут быть размещены внутри камеры сгорания, в магнитном ускорителе и сопле. Благодаря подобным модификациям, можно значительно повысить срок службы и эффективность плазменных двигательных установок, могут быть использованы для разного рода задач, сочетая в себе лучшие характеристики различных компонентов.

Список литературы

1 Гопанчук, В.В. Повышение эффективности газораспределения в ускорительном канале электрореактивного двигателя / В.В. Гопанчук, М.Ю. Потапенко // Вестник Сибирского государственного университета им. академика М.Ф. Решетнева, 2011. – В. 36 (3). – С. 104-109.

2 Композиционные материалы: Справочник / Васильев В.В., Протасов В.Д., В.В. Болотин и др.; Под общ. Ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

3 Козубский К.Н. СПД работают в космосе / Козубский К.Н., Мурашко В.М., Рылов Ю.П. [и др.] // Физика плазмы. – 2003. – Т. 29, № 3. – С. 277-292.

4 Пярых, И. Н. Создание стационарного плазменного двигателя повышенной мощности: [арх. 22 августа 2019] / И.Н. Пярых, А.В. Румянцев // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2017. – № 4. – С. 63-66.

5 Antony C. Fisher-Cripps. Nanoindentation. – Springer-Verlag New York, 2002. – 198 p.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СИСТЕМ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА

**Греков М.В., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

При создании различных систем может возникнуть проблема полнотекстового поиска по записям для нахождения требуемой записи или в случае необходимости отследить изменения записей по времени, что сложно выполнить простыми средствами. В таком случае, для обеспечения поиска используются различные системы полнотекстового поиска, которые могут эффективно индексировать текст для нахождения совпадений.

Основными системами полнотекстового поиска для встраивания в программные решения являются «PostgreSQL» и «Elastic Search», которые предоставляют различные инструменты для индексации и поиска текста [1]. Поисковые системы, чаще всего, не используются отдельно от управляющих программ, которые производят обновление данных для индексации и актуализации выборки.

В первую очередь PostgreSQL является реляционной базой данных, которую можно применять для хранения полей данных в виде таблиц. Однако, именно эта база данных предоставляет инструменты для организации полнотекстового поиска при помощи «tsvector» и «tsquery», которые служат для хранения текста документа в оптимизированном для поиска виде и полнотекстового запроса [2].

Так как в основе используется база данных, можно также вместе с текстом хранить и иной набор данных, который может быть полезен в случае, если запись была найдена при помощи текста. Это даёт возможность связать данные и запрос, что позволяет эффективнее находить записи в базе данных.

Однако, также бывает необходимо хранить неструктурированные наборы данных и находить их по тексту, для этого может подойти «JSONB» – формат хранения объектов в виде текста, но сконвертированные в бинарный вид для большей скорости прохода по этим данным в базе данных. Такой подход позволяет фильтровать большую выборку текста на основе отличительного свойства, что положительно влияет на нахождение искомой записи [3].

Стоит не забывать и о особенностях работы с базой данных, которые предоставляют набор инструментов выборки с большой эффективностью, такие как индексы, кластеризация и основа выборки базы данных – бинарное сбалансированное дерево.

Индексы позволяют подготовить данные, что позволит не обходить всю таблицу, а использовать подготовленный набор данных, что значительно снижает сложность запроса с линейного до логарифмического. Однако, не стоит забывать, что индексы важно правильно использовать и включать в индекс все необходимые в запросе поля. Если не включить поле в индекс, то запрос всё

равно будет обращаться к таблице, что не так эффективно. Также необходимо использовать включающие индексы, что позволит использовать несколько полей для поиска. При этом важно помнить, что индексируемые свойства должны иметь высокую селективность, иначе такие индексы не будут эффективно ускорять поиск. Однако, индексы могут не только увеличить скорость запроса, но и значительно уменьшить производительность всей базы данных, так как каждое добавление, удаление или модификация индексируемых данных вызывает пересчёт индексов, что может привести к большим проблемам при большом числе индексов.

Кластеризованный индекс таблицы позволит упорядочить данные на диске в порядке возрастания или убывания, что полезно для обхода данных, так как они перестают быть разрозненным набором файлов на диске. В случае обхода кластеризованного индекса с потребностью доступа к полям таблицы запрос выполнится быстрее благодаря последовательному доступу к памяти. Ограничением кластеризованного индекса является то, что в таблице он может быть только один.

Бинарное сбалансированное дерево является основной причиной высокой производительности поиска с применением индексов, так как по индексу строится дерево, каждая ветвь которого может содержать только 2 других ветви или листа, а само дерево растёт в разные стороны равными ветвями, что позволяет, деля поле пополам и сравнивая с ветвями, находить нужные данные с логарифмической сложностью.

При всех достоинствах базы данных важно заметить, что сама по себе система не сможет действовать: для индексации всё ещё нужно помещать новые данные, используя внешние средства работы с SQL, а для поиска составлять верные запросы, которые и будут выполнять выборку из таблиц.

Также PostgreSQL не содержит встроенных, автоматически применяемых, подпрограмм обработки данных, которые могли бы влиять на текст для улучшения поиска по записям.

Elasticsearch – это RESTfull API система для поиска и индексации текстов, которая позволяет искать по части или форме слова все записи, которые могут подходить под условия.

Elasticsearch получает текстовые данные в виде HTTP запроса с адресом индекса, в который должна быть помещена запись. После получения текст разбивается на слова, каждому из которых присваивается числовой индекс в соответствии с набором индексов, которые уже были добавлены. На основе этих чисел строятся пересечения, которые и позволяют находить сходное в разных текстах, даже если были пропущены слова или изменена форма слова [4].

Хотя система используется для поиска по текстам, в записях также можно хранить и другие поля, такие как идентификатор, дату и иные, что позволит исключить другое хранилище данных и получать необходимые данные в пределах записи.

Отличительной особенностью этой системы являются анализаторы, которые могут автоматически применяться ко всему набору данных, что позволит

повысить эффективность поиска путём использования лемматизации, стемминга и удаления стоп-слов, что позволит сохранять больше смысла, ускорять индексацию, уменьшать размер индекса путём удаления форм слов и бесполезных для поиска слов. Анализаторы могут помочь обрабатывать данные из разных источников в рамках индекса.

Хотя можно подумать, что Elasticsearch создан только для поиска, однако, это не единственное предназначение. Эту систему успешно применяют для ведения журналов логов работы системы из множества модулей в одном месте, а эффективный поиск позволяет находить логи по определённым условиям или идентификаторам.

Для работы с Elasticsearch не требуется использовать язык запросов SQL, достаточно отправлять HTTP запросы на API сервиса с указанием типа запроса и поисковых данных в теле запроса, в ответ же в случае успеха сервис ответит HTTP 200 OK с полезной нагрузкой в виде JSON, который будет содержать выборку подходящих под условия записей [5].

Для обеспечения устойчивости к отказам в обеих системах применяются репликация и шардирование, которые и позволяют системам не беспокоиться о потере данных или отказах.

Репликация – это хранения копии данных на другом сервере с целью восстановления работы узла из копии данных, сходной с исходными данными, что позволяет быстро вернуть в работу копию узла без потери данных, что может быть важно, так как потеря данных недопустима.

Шардирование – это использование нескольких серверов с одинаковой схемой хранения данных, но разным набором данных, что позволяет разгрузить один сервер и успешно горизонтально и вертикально масштабироваться, распределяя данные по частоте использования. Помимо распределения нагрузки шардирование позволяет хранить важные для конкретного сервера данные в той же сети и уменьшать задержки доступа.

Для внедрения эффективного поиска записей в существующие приложения используются системы полнотекстового поиска, которые отвечают за индексацию и поиск данных, а также вывод связанных данных.

При внедрении систем полнотекстового поиска выбор зависит, в первую очередь, от существующей структуры приложения и возможностей, а также требуемых особенностей, которые могут быть необходимы в конкретном случае.

Если в приложении уже используется база данных, то выбор PostgreSQL может быть хорошим выбором, так как позволит в рамках базы данных решать задачу поиска по записям без необходимости дополнительно индексировать текст в другой системе. Однако, если изначально использовалась иная база данных, то может быть проблематично перейти на PostgreSQL и придётся использовать иную систему.

Если в приложении не требуется база данных или требуются встроенные средства подготовки данных, то подойдёт Elasticsearch, с которым можно связать приложение по HTTP и использовать с уже существующей инфраструкту-

рой приложения. Для индексации и поиска можно подключить анализаторы, которые автоматически будут обрабатывать данные для улучшения поиска. Проблема Elasticsearch в том, что в него нужно загружать данные для индексации, что потребует синхронизировать записи с хранилищем и может привести к ошибкам, связанным с разным набором данных в хранилище и поисковой системе.

Для удобства выбора системы полнотекстового поиска различия сведены в общую таблицу 1.

Таблица 1 – Особенности систем полнотекстового поиска

Признак	PostgreSQL	Elasticsearch
Цель	Поиск записей по тексту	Поиск текста
Индексация	Средствами базы данных	Токенизация
Языки	Выбирается в конфигурации	Несколько языков и применение плагинов
Масштабируемость	Да, шардирование	Да, шардирование
Получение данных	SQL-запрос	HTTP-запрос к REST-API
Применимость	В системах с интеграцией базы данных	В любых системах
Обработка текста	Триггеры и самописные алгоритмы	Встроенные анализаторы текста

Исходя из таблицы, можно выбрать систему, которая будет подходить для конкретного приложения, исходя из условий и требований к поиску и индексации данных.

Список литературы

1 Романенко, А. И. Формирование оценочного стенда для сравнительного анализа функциональности механизмов полнотекстового поиска баз данных в облачной инфраструктуре Yandex Cloud / А. И. Романенко // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – № 9. – С. 13-22.

2 Земцов, А. Н. Об эффективности поиска данных в веб-приложениях / А. Н. Земцов, Хань Чан Зунг // ИВД. – 2017. – № 3 (46). – С. 37-44.

3 Виноградова, М. В. Обзор системы полнотекстового поиска в постреляционной базе данных PostgreSQL / М. В. Виноградова, Е. С. Барашкова, И. С. Березин, М. Г. Ореликов, Д. С. Лузин // E-Scio. – 2020. – № 5 (44). – С. 80-104.

4 Пьянзин, С. А. Корпоративное решение с использованием поисковой системы Elasticsearch / С. А. Пьянзин, Ю. А. Григорьев, Д. С. Щеглов // StudNet. – 2020. – № 6. – С. 663-672.

5 Кузин, Д. А. Реализация полнотекстового поиска в автоматизированной информационной системе «Студент» с помощью системы Elasticsearch / Д. А. Кузин, А. О. Осипов // ВК. – 2021. – № 3 (43). – С. 60-67.

ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ СМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАНИЙ

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

Производственные процессы в современных условиях требуют не только высокой точности и согласованности, но и гибкости в адаптации к переменам. В условиях современной промышленности, где производственные процессы требуют высокой точности, согласованности и адаптивности, ключевую роль играет эффективное планирование сменных заданий [1].

Для обеспечения надежного моделирования и проверки производственной линии был разработан итерационный алгоритм составления производственных заданий. Рассмотрим, как работает этот подход, какие преимущества он предоставляет и почему он стал незаменимым инструментом в современных производственных системах [2].

Алгоритм проходит несколько ключевых этапов.

1 Подготовка данных. Она включает в себя следующие этапы:

- система получает информацию о производственном плане (типы изделий, время их изготовления, доступные станки);
- далее определяются ограничения: время смены, допустимые отклонения, шаг увеличения количества изделий и максимальное количество изделий каждого типа.

2 Генерация комбинаций, при которой, на основании параметров создаются все возможные варианты партий изделий. Это выполняется рекурсивно: для каждого типа изделий перебирается количество в заданных пределах.

3 Проверка валидности партий, в процессе которой с помощью встроенных функций алгоритм проверяет, соответствует ли каждая комбинация заданным ограничениям. Например, укладывается ли общее время производства в рамки смены, учитывая доступные станки и допустимые отклонения.

4 Оптимизация и нормализация, при которой валидные партии приводятся к единому формату и размеру для удобства дальнейшей обработки, а при необходимости партии оптимизируются по размеру или по составу.

5 Сохранение результатов для эффективного хранения и управления сменными заданиями [3].

Итерационный алгоритм демонстрирует ряд существенных преимуществ, обеспечивающих его эффективность. Во-первых, он обладает высокой гибкостью и адаптивностью, заключающейся в способности автоматически группировать детали по типам станков, на которых они производятся, и составлять оптимальный план для любого количества деталей в каждой группе. Во-вторых, алгоритм обеспечивает точность и надежность благодаря встроенным проверкам, которые исключают невалидные комбинации, что особенно важно при

наличии ограничений по времени, ресурсам и количеству изделий. В частности, алгоритм проверяет каждую комбинацию партий на соответствие временным рамкам и исключает ошибки, которые могут возникнуть при ручном планировании [4].

Кроме того, итерационный алгоритм способствует эффективному использованию ресурсов, позволяя оптимизировать загрузку машин, избегая как недоиспользования, так и перегрузки. Это достигается за счет распределения изделий по сменам, обеспечивающего равномерную загрузку, а также учета допустимых отклонений, позволяющего гибко использовать доступные ресурсы. Наконец, алгоритм обеспечивает автоматизацию рутинных процессов, что позволяет избежать трудоемкого ручного составления производственных заданий, подверженного человеческому фактору, и дает возможность операторам сосредоточиться на более важных задачах, что значительно повышает общую эффективность производства [5].

Основная функция, которая управляет процессом генерации партий и их распределения по сменным заданиям, обозначена generate. Функция isBatchValid проверяет, соответствует ли текущая партия изделий производственным ограничениям. Алгоритмы работы функций представлены на рисунке 1.

Логика работы функции generate начинается с подсчета машин по типам, где формируется массив `$machineCounts`, в котором хранится количество станков каждого типа. Затем происходит группировка деталей по типам станков, в результате чего формируется массив `$groupedDetails`. В этом массиве детали группируются с учетом типа станка, количества доступных машин (`MACHINE_COUNT`) и списка изделий, которые можно изготавливать на этом типе станков. Далее, для каждой группы деталей вызывается метод `getBatches`, который отвечает за генерацию всех возможных валидных партий. После этого этапа происходит нормализация партий, где массивы партий приводятся к одному размеру с помощью метода `normalizeBatches`. На заключительном этапе происходит сохранение партий, при котором каждая партия разбивается на сменные задания, и для каждой комбинации добавляется соответствующая запись с использованием метода `add`. Таким образом, функция последовательно проходит этапы обработки данных, от подсчета станков до формирования и сохранения производственных заданий.

Логика работы isBatchValid функции начинается с инициализации переменной `$totalProductionTime`, которая используется для суммирования общего времени, необходимого для производства партии. Затем происходит расчет общей трудоемкости, а именно, вычисляется время, необходимое для изготовления всех видов изделий, входящих в партию. На следующем этапе определяется допустимый диапазон времени производства, устанавливаются минимальное (`$minAllowedTime`) и максимальное (`$maxAllowedTime`) значения времени. На заключительном этапе происходит проверка валидности партии, при которой общее время производства (`$totalProductionTime`) сравнивается с допустимыми пределами, и функция возвращает `true`, если время укладывается в заданный

диапазон, и false в противном случае. Таким образом, функция последовательно определяет общее время производства партии, устанавливает его допустимые границы и проверяет, соответствует ли расчетное время этим границам, тем самым определяя валидность партии.

Для обеспечения надежного моделирования и проверки производственной линии был разработан итерационный алгоритм, позволяющий автоматизировать процесс составления производственных заданий. Данный алгоритм демонстрирует значительные преимущества, включая гибкость, точность, эффективное использование ресурсов и автоматизацию рутинных процессов, что делает его незаменимым инструментом в современных производственных системах.



a



b

Рисунок 1 – Алгоритм работы функции generate (a) и isBatchValid (b)

В основе алгоритма лежат две ключевые функции: generate, управляющая процессом генерации и распределения партий по сменным заданиям, и isBatchValid, проверяющая соответствие партий производственным ограничениям. Далее планируется подробно раскрыть логику работы каждой из этих функций, чтобы лучше понять, как именно данный алгоритм обеспечивает эффективность и надежность подготовки сменных заданий.

Список литературы

1 Гуньков, С. А. Автоматизация проектирования транспортной системы предприятия / С. А. Гуньков, А. И. Сергеев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 01–03 февраля 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2024. – С. 1830-1833.

2 Кунцев, В. Е. Итерационный алгоритм решения модели прогнозирования динамики разработки нефтегазового месторождения по данным эксплуатации скважин / В. Е. Кунцев, П. В. Кожевникова, А. Н. Дорогобед // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 11-2. – С. 94-98.

3 Гуньков, С. А. Разработка базы данных для компьютерного моделирования производственного участка / С. А. Гуньков, А. И. Сергеев // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства : Материалы Школы-семинара, Оренбург, 14 ноября 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2024. – С. 291-293.

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

5 Новиков, А. И. Итерационный алгоритм фильтрации периодического шума цифровых изображений / А. И. Новиков, В. А. Овчинников // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – № 84. – С. 166-175.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТГРУЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

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

В настоящее время нефтепродукты занимают основную роль среди источников энергии. Применение находят все фракции нефтепереработки. Транспортировка готовых нефтепродуктов возможна различными видами транспорта, железнодорожным, морским или автомобильным. После этапа переработки готовый продукт необходимо отгрузить потребителю. При отгрузке возникает необходимость точного контроля количества отгруженного товара и соблюдения безопасности, поскольку нефтепродукты являются веществами, загрязняющими окружающую среду.

Система отгрузки нефтепродуктов – это важный элемент в цепочке поставок нефти и нефтепродуктов, включающий процессы хранения, транспортировки и распределения. Схема отгрузки нефтепродуктов – это последовательность действий и устройств, которые обеспечивают безопасное и эффективное перемещение нефтепродуктов из резервуаров или хранилищ к транспортным средствам (танкерам, грузовикам и т.д.). В зависимости от конкретных условий и требований, схемы отгрузки могут варьироваться, но общие компоненты и этапы обычно остаются схожими [1].

Основные элементы схемы отгрузки нефтепродуктов:

- 1) резервуары для хранения – главный компонент, где хранятся различные виды нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, мазут и др.);
- 2) трубопроводная система – соединяет резервуары с отгрузочными пунктами. Должна быть спроектирована с учетом возможностей по выдерживанию давления и коррозионным воздействиям;
- 3) датчики и приборы – уровнемеры (для контроля уровня нефтепродукта в резервуарах), датчики давления (для мониторинга и защиты от переполнения и давления в трубопроводах), датчики температуры (для контроля температуры нефтепродуктов, что может повлиять на их вязкость и текучесть), датчики качества (для анализа состава нефтепродуктов, различия в качестве могут стать проблемой при отгрузке);
- 4) отгрузочные насосы – обеспечивают перемещение нефтепродуктов из резервуаров в трубопроводную систему и далее в транспортное средство;
- 5) отгрузочные платформы и бухты – места, где осуществляется непосредственно отгрузка нефтепродуктов в транспортные средства;
- 6) системы управления – «SCADA» и «DCS» системы обеспечивают контроль и автоматизацию процесса отгрузки;
- 7) безопасностные системы – включают в себя системы аварийной сигнализации, блокировки при падении давления и другие механизмы для повышения безопасности при отгрузках.

Система управления представлена использованием SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и DCS (Distributed Control System) для мониторинга и управления процессами отгрузки. SCADA – это система, которая позволяет осуществлять удаленный мониторинг и управление промышленными процессами. Она используется для сбора данных с различных датчиков и устройств, их обработки и представления операторам в понятном формате. SCADA обычно используется в таких отраслях, как нефтегазовая промышленность, водоподготовка и электроэнергетика. DCS – это система, используемая для управления и мониторинга промышленных процессов с использованием сети контроллеров, расположенных в разных частях завода или объекта. DCS обычно используется в таких отраслях, как химическая переработка, производство электроэнергии и обрабатывающая промышленность [3].

Процесс отгрузки начинается с подготовки путём проверки резервуаров и состояния трубопроводов, обеспечения наличия необходимых документов и разрешений. Подключение транспортного средства к отгрузочному месту, установка соединительных шлангов с последующим мониторингом и контролем уровня давления и температуры на протяжении всего процесса. Перемещение нефтепродуктов из резервуаров в транспортные средства осуществляется с использованием систем для проверки качества и количества отгружаемого продукта. Завершается процесс остановкой насосов, отключением транспортных средств и опломбированием резервуаров.

Примерная схема отгрузки нефтепродуктов представлена на рисунке 1.

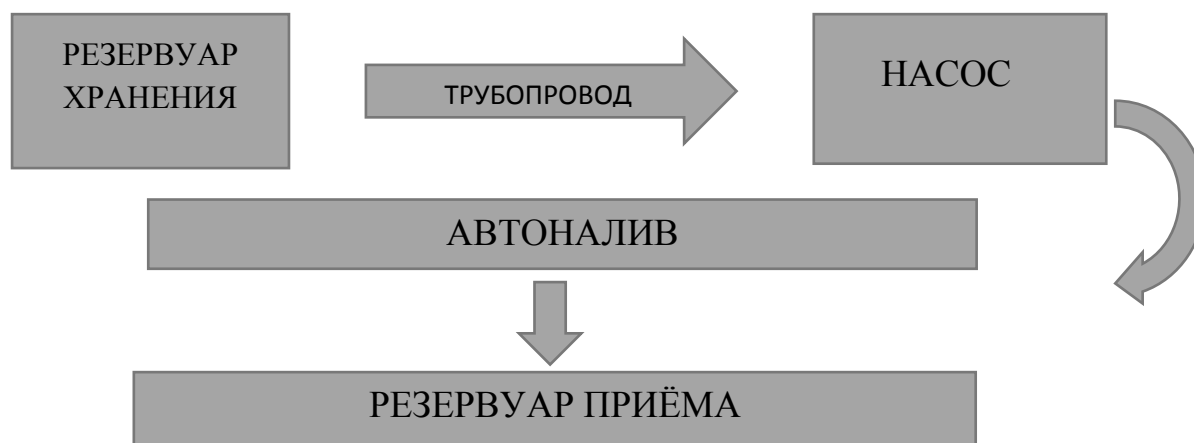


Рисунок 1 – Схема отгрузки нефтепродуктов

Можно выделить несколько преимуществ в использовании автоматизации:

1) увеличение производительности: автоматизация процессов позволяет сократить время отгрузки, что положительно сказывается на общей производительности компании;

2) снижение ошибок: человеческий фактор часто становится причиной ошибок. Автоматизированные системы минимизируют риски, связанные с неправильными расчетами и неверными действиями персонала;

3) повышение безопасности: автоматизация позволяет осуществлять мониторинг процессов в реальном времени, что способствует более быстрому реагированию на возможные аварийные ситуации;

4) оптимизация затрат: современные технологии позволяют значительно сократить эксплуатационные расходы благодаря оптимизации процессов и снижению количества необходимого человеческого труда;

5) обеспечение максимально комфортных условий труда эксплуатационного персонала и, как следствие, – минимизация субъективной составляющей ведения процесса;

6) повышение экологической безопасности.

Несмотря на, казалось бы, отработанную и налаженную автоматизированную систему отгрузки, данный вопрос нуждается в постоянной модернизации. В этой тенденции необходимо обратить внимание на интернет вещей (IoT) [2]. Внедрение IoT-технологий позволяет собирать и анализировать данные с сенсоров, что дает возможность предсказывать потребности и управлять запасами более эффективно. Искусственный интеллект (AI) – использование AI для анализа больших объемов данных помогает оптимизировать процессы, предсказывать ремонты оборудования и улучшать принятие решений [4]. Также современным является использование «блокчейн». Автоматизация систем также включает в себя внедрение экологически чистых технологий и систем, что становится важным аспектом в условиях повышения требований к экологии [5].

Таким образом, автоматизация системы отгрузки нефтепродуктов является важным направлением для повышения конкурентоспособности и устойчивого развития компаний в нефтяной отрасли. Инвестиции в современные технологии и системы управления могут существенно улучшить как финансовые показатели, так и репутацию компании на рынке. Важно помнить, что автоматизация процессов отгрузки нефтепродуктов не только сокращает расходы и время, но и улучшает условия труда рабочих, обслуживающих процесс отгрузки и помогает более качественно проводить производственный контроль для раннего устранения дефектов.

Список литературы

1 Коваленко, Е. П. Технические аспекты автоматизации нефтехранилищ / Е. П. Коваленко. – М.: Московский государственный университет нефти и газа, 2021. – 201 с.

2 Конев, В. И. Современные технологии автоматизации на нефтяных терминалах / В. И. Конев. – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 280 с.

3 Морозов, А. А. Интеграция SCADA-систем в процессы отгрузки нефтепродуктов / А. А. Морозов // Вестник Оренбургского государственного университета. – №3. – С. 87-92.

4 Никонов, А. С. Автоматизация технологических процессов в нефтегазовой отрасли / А. С. Никонов. – М.: Наука, 2018. – 350 с.

5 Сергеева, Н. В. Автоматизация систем управления процессами переработки и отгрузки нефтепродуктов / Н. В. Сергеева, С. И. Петров // Нефтяное дело, 2020. – № 6, – С. 54–67.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ БУРОВЫХ ТРУБ

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

Буровые трубы играют ключевую роль в процессе добычи полезных ископаемых и являются важным элементом технологической цепочки, обеспечивающей доступ к подземным ресурсам. Несмотря на то, что разработки в этой области ведутся с конца XIX века, современные технологии требуют постоянного обновления и адаптации используемого оборудования к новым условиям и стандартам.

Буровые трубы различаются по своим характеристикам и назначениям. Они могут быть изготовлены из различных материалов, включая углеродистые и легированные стали, что существенно влияет на их прочность, коррозионную стойкость и способность выдерживать высокие нагрузки. Важно учитывать, что каждый вид буровых труб имеет свою специфику и используется в зависимости от условий бурения, таких как тип грунта, глубина и температура. Правильный выбор буровой трубы непосредственно отражается на эффективности всей геологоразведочной работы и на безопасности выполняемых операций. Подбор необходимого типа труб требует от инженеров глубоких знаний как в области материала, так и в специфике геологических процессов, позволяя минимизировать риски и затраты.

Важным этапом разработки буровых труб являются их испытания. Различные методы, используемые для оценки прочности и устойчивости труб, обеспечивают уверенность в их надежности в условиях работы на глубине. Эти методы включают как механические испытания, так и современные технологии неразрушающего контроля. Эффективность данных методов играет важную роль в обеспечении качества буровых труб и их соответствия международным стандартам.

Современные тренды в области геологоразведки также диктуют необходимость активного внедрения инновационных технологий, которые позволяют улучшить характеристики буровых труб. В частности, применение новых композитных материалов и компьютерного моделирования конструкций открывает новые горизонты для повышения качества и производительности буровых работ. Данная работа рассматривает как исторические аспекты, так и современные достижения в области исследования буровых труб для геологоразведки, выявляя ключевые проблемы и точки роста, что позволяет обосновать важность дальнейших исследований в этой области [11]. Исследование буровых труб также затрагивает вопросы экологии и устойчивого использования природных ресурсов, подчеркивая необходимость разработки более эффективных и безопасных решений [6].

Буровые трубы являются одним из важнейших элементов при проведении геологоразведочных работ. Разнообразие типов буровых труб позволяет учитывать конкретные условия бурения и требования, предъявляемые к качеству получаемых образцов, а также к эффективной эксплуатации в различных геологических условиях. В зависимости от материала, конструкции и назначения, буровые трубы можно классифицировать на несколько категорий.

Основным материалом, используемым для производства буровых труб, является сталь. Наиболее распространены углеродистые и легированные марки стали, которые обеспечивают необходимую прочность и стойкость к коррозии. Углеродистые трубы, обладая высокой прочностью, используются в основном для бурения в мягких и среднеплотных породах. Легированные стали содержат специальные элементы, такие как хром или никель, что значительно повышает их коррозионную стойкость и прочностные характеристики в условиях повышенных температур и давления. Такие трубы незаменимы при работе в агрессивных средах и в условиях глубинного бурения.

Кроме того, в последние десятилетия на рынке бурового оборудования наблюдается рост популярности труб из композитных материалов. Они обладают значительным преимуществом благодаря их малой массе и высокой прочности в сочетании с отличной устойчивостью к коррозии. Композитные буровые трубы находят своё применение в специфических ситуациях, где стальные аналоги не могут обеспечить должную эффективность и безопасность [3].

Конструкции буровых труб также отличаются большим разнообразием. Например, существуют трубы с гладкой поверхностью и гальваническим покрытием, которые предназначены для снижения трения во время бурения. Для особо сложных геологических условий разработаны трубы с внутренними и внешними ребрами, обеспечивающими дополнительную жесткость и прочность. Такие конструкции более эффективно передают нагрузки и снижают вероятность аварийных ситуаций.

Важно отметить, что выбор типа буровой трубы зависит не только от геологических условий, но и от использования различных методов бурения. Роторное бурение, ударно-канатное бурение, а также иные технологии требуют специфических характеристик как труб, так и соединительных элементов. К примеру, для ударно-канатного метода используются трубы с высокой ударной вязкостью и прочностью к изгибу, что позволяет им выдерживать значительные механические нагрузки и деформации во время работы [10].

Таким образом, понимание различных типов буровых труб и их характеристик позволяет оптимизировать процесс бурения, обеспечивая безопасность и качество выполняемых работ. В дальнейшем будет рассмотрен вопрос применения конкретных типов буровых труб в зависимости от условий геологоразведки.

Испытания буровых труб на прочность и износ являются важнейшим этапом в обеспечении их надежности и долговечности при эксплуатации в условиях бурения. Эффективные методики тестирования позволяют выявить возмож-

ные дефекты, оценить устойчивость труб к различным воздействиям и, самое главное, гарантировать безопасность при геологоразведочных работах.

Основной метод испытания буровых труб заключается в механических испытаниях, которые включают в себя растяжение, сжатие и изгиб. Для испытаний на растяжение используются специальные установки, которые позволяют измерить предел прочности и относительное удлинение материала при приложении нагрузки. Такие испытания помогают определить, насколько труба способна выдерживать механические напряжения, возникающие в процессе бурения. Аналогичную процедуру проводят и для испытаний на сжатие, что также позволяет оценить устойчивость трубы к деформациям [11].

Изгиб – еще один важный аспект, который исследуется в ходе тестирования буровых труб. Для этого используются методы глубинного монтажа, которые могут имитировать условия, близкие к реальным при бурении. Изгибные испытания помогают выявить точки возможной концентрации напряжений, что необходимо для оценки риска возникновения трещин и других повреждений в процессе эксплуатации.

Современные технологии включают также методы неразрушающего контроля, позволяющие оценить состояние труб без необходимости их разрушения. К таким методам относятся ультразвуковая дефектоскопия, радиографическая проверка и магнитно-порошковая инспекция. Ультразвуковая дефектоскопия позволяет регистрировать изменения в структуре материала, выявляя скрытые дефекты, которые не могут быть обнаружены обычными визуальными методами. Радиографическая проверка использует рентгеновское излучение для исследования внутренних частей трубы, что помогает выявить потенциальные разрушения [7].

Не менее важен метод статического и динамического испытания на износ. В условиях интенсивного использования буровых труб могут происходить значительные повреждения, вызванные трением и контактом с геологическими образованиями. Испытания на износ проводятся при создании условий, максимально приближенных к реальным, что позволяет оценить долговечность и стойкость труб в сложных условиях. Эти испытания включают в себя использование различных абразивных сред, имитирующих текстуру почвы.

Понимание и применение различных методов испытания буровых труб усиливают уверенность в их надежности и эффективности, что крайне важно для безопасной и успешной реализации проектов в области геологоразведки. Каждая из описанных методик имеет свои особенности и может использоваться в зависимости от конкретных требований к трубе и условиям бурения.

Анализ производительности различных типов буровых труб позволяет понять, какие решения наиболее эффективны в конкретных условиях бурения. В зависимости от используемых материалов, конструкции и технологий, эффективность труб может существенно варьировать, что в свою очередь влияет на общую производительность геологоразведочных работ.

Наибольшую популярность среди специалистов по бурению приобрели стальные трубные конструкции. Буровые трубы из углеродистых сталей, благо-

даря своей высокопрочной структуре, оказываются идеальными для эксплуатации в условиях средних и высоких нагрузок. Однако использование таких труб связано с определёнными ограничениями, особенно в агрессивной среде. В случаях, когда необходимо бурение в кислых или соленых водах, применяют легированные стали, которые имеют улучшенные коррозионные характеристики. Эти трубы продлевают срок службы оборудования и уменьшают общее количество простоев из-за замен или ремонта, что положительно сказывается на общих затратах предприятия [13].

Весьма интересными являются композитные буровые трубы, которые в последнее время становятся всё более востребованными. Их легкость и высокая прочность обеспечивают значительно меньшую нагрузку на буровое оборудование и позволяют эффективнее управлять процессом бурения. Например, в сочетании с современными технологиями бурения, такие трубы демонстрируют меньшую изношенность в условиях бурения в сложных геологических условиях. Исследования показали, что использование композитных труб обеспечивает повышение скорости бурения от 20 % до 35 % по сравнению с традиционными стальными аналогами, что открывает новые горизонты для разработки месторождений [5].

Однако стоит отметить, что выбор типа буровой трубы всегда определяется конкретными условиями работы. Например, для глубоководного бурения, где возникают экстремальные давления и температуры, необходимы специальные виды буровых труб, созданные с учетом таких факторов. В таких случаях критически важна комбинированная прочность труб, которая может быть обеспечена только с использованием высококачественных материалов и сложных конструкций.

Сравнительный анализ показывает, что наиболее высокий уровень производительности буровых труб достигается при комбинированном подходе, учитывающем как геологические условия, так и тип применяемого бурового оборудования. К примеру, использование современных технологий бурения в сочетании с оптимизированным выбором труб может повысить эффективность системы в целом. Это подтверждается данными о сокращении времени на выполнение буровых работ и снижении эксплуатационных затрат на 15 % - 25 %.

Одним из важных аспектов является и возможность многократного использования труб. Устойчивость к износу и развитие технологических решений по восстановлению буровых труб также влияют на экономическую эффективность проектов. Рынок предлагает различные программы по повторному использованию труб, что стало важным направлением для развития устойчивой добычи ресурсов.

Таким образом, эффективность различных типов буровых труб зависит от многих факторов, включая материал, конструкцию и использование передовых технологий, что требует обширного анализа для достижения оптимальных результатов при бурении.

Использование буровых труб в геологоразведке всегда связано с рядом проблем, которые требуют тщательного анализа и поиска эффективных реше-

ний. Одной из основополагающих проблем является коррозия труб, особенно в агрессивных средах, таких как соляные и кислотные воды. Коррозионные процессы могут значительно сократить срок службы буровых труб, что в свою очередь ведет к увеличению затрат на их замену и ремонт. Для решения этой проблемы необходимо применение более устойчивых к коррозии материалов, а также внедрение технологий, таких как использование антикоррозионных покрытий, которые могут снизить скорость коррозии и продлить срок службы оборудования [15].

Другой актуальной проблемой является износ буровых труб в процессе эксплуатации. Сложные геологические условия, такие как наличие абразивных материалов, могут привести к значительному снижению прочности и долговечности труб. Решением данного вопроса может стать разработка инновационных сплавов и композитов, обладающих высокой стойкостью к абразивному износу. Такие материалы имеют потенциал для улучшения производительности буровых работ и сокращения частоты замен труб в процессе бурения.

Проблема несовершенства существующих технологий испытаний буровых труб также требует внимания. Многие методы, применяемые на данный момент, не всегда позволяют выявить все дефекты и скрытые повреждения. Это может привести к авариям и нежелательным инцидентам на буровых площадках. Для решения данной проблемы необходимо развивать технологии неразрушающего контроля, которые способны на ранних стадиях выявлять возможные дефекты, тем самым минимизируя риски [3].

Важным аспектом в перспективе развития является необходимость интеграции цифровых технологий в процессы разработки и эксплуатации буровых труб. Современные системы мониторинга и диагностики могут предоставлять важные данные о состоянии оборудования в режиме реального времени, позволяя заранее выявлять и устранять возможные проблемы. Это значительно повысит безопасность и эффективность работ, что особенно важно в условиях нарастающей конкурентной борьбы в отрасли.

Экологические аспекты также играют значительную роль в обсуждении будущего буровых труб. Наступление трендов устойчивого развития требует от производителей уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Использование перерабатываемых материалов, оптимизация процессов производства и внедрение технологий, снижающих объемы выбросов – все это может помочь отрасли соответствовать современным экологическим стандартам и требованиям законодательства.

Таким образом, проблемы и перспективы развития буровых труб для геологоразведки взаимосвязаны и требуют комплексного подхода. Решение существующих проблем, таких как коррозия, износ и недостаточная эффективность технологий испытаний, откроет новые перспективы для повышения надежности и безопасности буровых работ, а внедрение цифровых технологий и акцент на экологию дадут возможность отрасли адаптироваться к современным вызовам и требованиям.

Список литературы

- 1 Ахмедсафин, С. К. Перспективы и технологии поисков и разведки залежей углеводородов в ачимовских и юрских отложениях ямало-ненецкого автономного округа / С. К. Ахмедсафин и [др.] // Геология нефти и газа. – 2016. – С. 11-17.
- 2 Брылин, В. И. Разработка, применение и квалиметрия экологичных буровых промывочных жидкостей / В. И. Брылин, Е. Б. Годунов, П. С. Чубик // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2001. – С. 273-284.
- 3 Ивченко, И. А. Энергетические нагрузки на буровых работах и возможность повышения их эффективности за счет использования ветродизельных комплексов энергоснабжения / И. А. Ивченко, М. В. Меркулов, В. В. Куликов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – С. 285-291.
- 4 Кондратенко, А. С. Технологические аспекты проходки обсаженных скважин с циклично-поточным транспортированием керна / А. С. Кондратенко // Записки Горного института. – 2020. – С. 610-616.
- 5 Маликова, О. И. Влияние технологических изменений на энергетическом рынке на условия конкуренции и цены на энергоносители / О. И. Маликова // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2015. – С. 41-59.
- 6 Масленников М. И. Развитие ресурсной базы производства как фактор роста внешнеэкономического потенциала России и регионов Урала / М. И. Масленников // Экономика региона. – 2008. – С. 143-160.
- 7 Мендебаев, Т. Н. Конструктивные особенности и технологические возможности забойной компоновки для бурения скважин / Т. Н. Мендебаев Х. К. Исмаилов, Б. К. Изаков, Н. Ж. Смашов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – С. 114-124.
- 8 Мешков, А. А. Перспективы ударного погружения стальной трубы-кондуктора при бурении дегазационных скважин с поверхности / А. А. Мешков и [др.] // Уголь URL. – 2019. – С. 50-55.
- 9 Отебаев, М. К вопросу о целесообразности бурения разведочных скважин ударно-вращательным способом / М. Отебаев, А. Касенов, Б. Т. Ратов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – С. 166-171.
- 10 Сабилов, Б. Ф. Буровой инструмент для забуривания нефтегазовых скважин в сложных геологических условиях / Б. Ф. Сабилов, В. П. Онищин, И. М. Поташинский, Б. Т. Ратов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – С. 76-83.
- 11 Сердюк, Н. И. Экспериментальное исследование амплитудно-частотных параметров кавитационных колебаний жидкости / Н. И. Сердюк // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – С. 343-345.
- 12 Третьяк А. А. Влияние крутильных и продольных колебаний на скорость бурения и образование поломок режущих элементов буровых долот, ар-

мированных PDC / А. А. Третьяк, Ю. Ф. Литкевич, К. А. Борисов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – С. 135-141.

13 Фадеев, А. М. Стратегические приоритеты устойчивого развития рынка сервисных услуг при освоении шельфовых месторождений / А. М. Фадеев, Ф. Д. Ларичкин // Записки Горного института. – 2011. – С. 197-204.

14 Шевелева, А. В. Комплексный стратегический подход к анализу негативного воздействия на окружающую среду предприятий нефтегазового комплекса / А. В. Шевелева // Terra Economicus. – 2013. – С. 199-203.

15 Юрпалов, С. Ю. Развитие институциональных основ взаимодействия машиностроения урфо с нефтегазовым комплексом России / С. Ю. Юрпалов // Экономика региона. – 2005. – С. 73-86.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ

Егоров В.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Внедрение датчика расстояния для измерения толщины материала в лазерный станок CO₂ (модель 4060, мощность 100 Вт) позволяет значительно повысить точность и эффективность процесса резки. Автоматическая настройка мощности лазера в зависимости от толщины материала минимизирует перерасход ресурсов, снижает время настройки станка и повышает качество раскроя. Это в свою очередь ведет к снижению затрат в эксплуатации, экономии на материалах и увеличению производительности. Интеграция данных с датчика в программное обеспечение станка обеспечивает оперативный контроль и автоматическую корректировку параметров, что способствует сокращению времени простоя и увеличению оборота.

Внедрение датчика расстояния в лазерный станок CO₂ для измерения толщины материала и дальнейшее интегрирование данных с этого датчика в ПО для управления станком имеет несколько ключевых преимуществ, которые могут привести к значительной экономии времени и денег.

При условии, если толщина материала определяется автоматически, то в результате возможно настроить мощность лазера в зависимости от реальной толщины обрабатываемого материала. Это позволяет избежать ошибок в настройках и сокращает время на подбор оптимальных параметров. Например:

1) если станок работает с материалом различной толщины, оператору больше не нужно вручную подстраивать мощность для каждого типа материала, что снижает вероятность ошибок;

2) меньше отходов, так как мощность лазера будет точно соответствовать толщине материала.

Для примера, условно лазерный станок обрабатывает металлы разных толщин: от 1 мм до 5 мм. Без датчика расстояния оператору нужно будет вручную регулировать мощность лазера для каждого типа металла. С датчиком расстояния мощность настраивается автоматически, что исключает человеческий фактор и снижает время на подготовку.

Материалы, такие как металл, могут иметь неравномерную толщину или могут деформироваться в процессе нагрева. Если датчик расстояния может отслеживать толщину в процессе работы, система может автоматически компенсировать изменения толщины. В итоге это дает следующее:

1) постоянное качество резки: даже если материал деформируется, станок будет подстраиваться, обеспечивая точность;

2) минимизация брака: точность раскроя повышается, а значит, уменьшается количество брака.

Например, если при резке металла толщина изменяется на 0,5 мм, станок с датчиком расстояния автоматически компенсирует это изменение, увеличив или уменьшив мощность лазера, что обеспечит стабильное качество реза и минимизирует отходы.

Интеграция с ПО для контроля качества. В будущем, при наличии программного обеспечения для лазерного станка, данные с датчика могут быть использованы для постоянного мониторинга качества процесса и автоматического внесения корректировок. Это также даст возможность:

- получение отчета: ПО будет записывать, какие параметры использовались для резки каждого изделия, что даст возможность отслеживать и оптимизировать процессы;

- удалённый контроль: оператор может контролировать параметры работы станка через интерфейс ПО, что позволит вовремя обнаруживать ошибки и предотвращать дефекты.

Для примера, программное обеспечение с интеграцией данных от датчика толщины может автоматически фиксировать ошибки, когда, например, лазер не справляется с резкой слишком толстого материала, и сообщать об этом оператору.

Уменьшение затрат на материалы. Поскольку данные с датчика позволяют точно измерять толщину материала, можно более точно рассчитать расход материала, что снижает вероятность его перерасхода. Это может быть полезно, особенно для дорогих материалов.

Увеличение производительности и снижение времени простоя. Датчик расстояния позволяет уменьшить количество ручных операций, связанных с калибровкой, и повысить общую производительность лазерного станка. Снижается вероятность ошибок, ускоряется время настройки, а также уменьшается время простоя из-за неверных параметров.

В результате оператор может сразу начать работу с новым материалом, не тратя время на повторные настройки и замеры. Это увеличивает количество заказов, которые можно выполнить в течение рабочего дня.

Внедрение датчика расстояния в лазерный станок CO₂ помогает:

- 1) сэкономить время за счет автоматической настройки мощности и корректировки параметров в реальном времени;

- 2) снизить затраты на материалы, поскольку резка будет более точной и эффективной;

- 3) уменьшить количество отходов и ошибок, что повышает качество продукции и снижает затраты на переработку;

- 4) увеличить производительность за счет уменьшения времени на подготовку и настройку станка;

- 5) эти изменения будут способствовать значительной экономии времени и денег в долгосрочной перспективе.

Для оценки эффективности внедрения датчика расстояния в лазерный станок (например, лазерный станок 4060 с мощностью 100 Вт), необходимо

рассмотреть несколько аспектов: затраты на оборудование, экономию времени, сокращение отходов и другие параметры, влияющие на эффективность.

1. Стоимость внедрения датчика

Капитальные затраты на установку датчика включают стоимость самого датчика, которая варьируется в пределах от 10 000 до 30 000 рублей в зависимости от характеристик и производителя. Дополнительно следует учесть затраты на установку и настройку оборудования, которые могут составить от 10 000 до 20 000 рублей в зависимости от необходимости привлечения специалистов. Таким образом, общая стоимость внедрения датчика рассчитывается как сумма стоимости датчика и затрат на установку. В нашем примере стоимость датчика составила 20 000 рублей, а установка и настройка – 15 000 рублей:

$$C_{\text{внедрение}} = C_{\text{датчик}} + C_{\text{установка}} = 20000 + 15000 = 35000 \text{ руб.}$$

2. Расходы на электроэнергию

Что касается эксплуатационных расходов, то лазерный станок мощностью 100 Вт потребляет около 0.1 кВт/ч. Предположим, что станок работает 8 часов в день и 20 дней в месяц. Таким образом, ежемесячное потребление энергии будет равно:

$$E_{\text{мес}} = 0.1 \text{ кВт/ч} \times 8 \text{ ч/день} \times 20 \text{ день} = 16 \text{ кВт/ч/мес.}$$

При тарифе на электроэнергию 5 рублей за 1 кВт/ч, ежемесячные расходы на электричество составят:

$$C_{\text{электричество}} = 16 \text{ кВт/ч/мес} \times 5 \text{ руб./кВт/ч} = 80 \text{ руб./мес.}$$

Годовые затраты на электричество тогда:

$$C_{\text{электричество}}^{\text{год}} = 80 \text{ руб./мес} \times 12 \text{ мес} = 960 \text{ руб./год}$$

3. Снижение затрат на материалы

Преимущества внедрения датчика расстояния включают точную настройку мощности лазера в зависимости от толщины материала. Это позволяет снизить перерасход материала (например, при неправильной настройке мощности и излишнем нагреве).

Допустим, без датчика на одном заказе на 100 кг материала происходит перерасход 10 % материала (10 кг), и это приводит к дополнительным расходам на закупку материалов. При цене материала 200 рублей за 1 кг, перерасход без датчика обойдется:

$$C_{\text{перерасход без датчика}} = 10 \text{ кг} \times 200 \text{ руб./кг} = 2000 \text{ руб./мес.}$$

С внедрением датчика перерасход материала снижается на 50 %, и экономия составит:

$$C_{\text{перерасход с датчиком}} = 5 \text{ кг} \times 200 \text{ руб./кг} = 1000 \text{ руб./мес}$$

Если станок работает, например, при 200 заказах в год, то общая экономия на материалах составит:

$$C_{\text{экономия на материалах (год)}} = 1000 \text{ руб./заказ} \times 200 \text{ заказов} = 200\,000 \text{ руб.}$$

4. Снижение времени на настройку и повышение производительности

Ещё одной важной составляющей экономии является сокращение времени на настройку станка. Внедрение датчика позволяет сократить время на настройку каждого заказа, что в среднем составляет 10 минут. При 200 заказах в год экономия времени составит:

$$T_{\text{экономия}} = 200 \text{ заказов} \times 10 \text{ минут} = 2000 \text{ минут} = 33.33 \text{ часа.}$$

Если ставка оператора составляет 300 рублей в час, экономия на времени составит:

$$C_{\text{экономия времени}} = 300 \text{ руб./ч} \times 33.33 \text{ минут} = 10\,000 \text{ руб./год}$$

5. Общие затраты и экономия

Общие капитальные затраты на внедрение датчика составляют 35 000 рублей. Ежегодные эксплуатационные расходы, включающие электричество и экономию времени на настройку, составляют 10 960 рублей. При этом экономия на материалах составляет 200 000 рублей в год. Чистая экономия в год будет равна 200 000 рублей (экономия на материалах) + 10 000 рублей (экономия времени) – 10 960 рублей (эксплуатационные расходы) = 199 040 рублей.

Таким образом, окупаемость проекта, который требует капитальных затрат в размере 35 000 рублей, составляет около 2 месяцев. Это показывает, что внедрение датчика расстояния в лазерный станок – это выгодное вложение с быстрой окупаемостью, которое приведёт к существенной экономии как на материальных расходах, так и на времени работы. В долгосрочной перспективе такая оптимизация не только улучшит эффективность работы станка, но и позволит значительно снизить эксплуатационные расходы.

Для реализации проекта автоматизированного лазерного раскроя было использовано следующее оборудование и доп. комплектующие.

Лазерный станок будет оснащен Keyence IL Series – лазерным датчиком расстояния, который будет установлен в лазерный станок CO2 модели 4060 для измерения толщины материала. Такие датчики обеспечивают высокую точность измерений, а также могут работать с различными материалами (рисунок 1).

В качестве лазерного станка выбрана одна из самых надежных и востребованных моделей Hiwin Gray 4060H. Эта модель обладает рядом особенностей, например, в отличие от аналогичных лазерных станков данная модель имеет более удобную систему управления, более надежную рельсовую систему, а также автоматическую систему фокусировки (рисунок 2).



Рисунок 1 – Лазерный датчик расстояния Keyence IL Series



Рисунок 2 – Лазерный станок Hiwin Gray 4060H

Смета всех расчетных затрат на реализацию проекта автоматизированного лазерного раскроя показана в таблице 1.

Таблица 1 – Смета всех расчетных затрат

Наименование	Стоимость, руб.
Капитальные затраты	
Keyence IL Series	20000
Установка и настройка датчика	15000
Итого капитальные затраты	35000
Эксплуатационные расходы	
Электроэнергия (в год)	960
Заработная плата оператора	10000
Трата на материалы	200000
Итого эксплуатационные расходы	210960
Общие расходы за год	245960
Общая экономия	199040

Внедрение датчика расстояния для измерения толщины материала в лазерный станок CO₂ Hiwin Gray 4060H с мощностью 100 Вт является экономически эффективным решением. Общие капитальные затраты на его установку составляют 35 000 рублей, что включает цену самого датчика и стоимость установки. Эксплуатационные расходы по электроэнергии составляют 960 рублей в год, а экономия на материалах благодаря точному измерению толщины материала составляет 200 000 рублей в год. Дополнительно, экономия времени на настройку станка приносит 10 000 рублей в год. Общая экономия за год составляет

199 040 рублей, что позволяет окупить проект всего за 2 месяца. Внедрение датчика значительно снижает расходы и повышает производительность, что делает его выгодным вложением.

Список литературы

1 Лазерный станок гравёр Gray 4060H [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ppk-laser.com/lazernyy-standok-g-ray-4060-m-graver-rezchik/> (дата обращения: 23.11.2024).

2 Спешилова, Н. В. Тенденции развития экономики России на фоне общемировых трендов в условиях четвертой промышленной революции / Н. В. Спешилова, Д. А. Андриенко, Р. Р. Рахматуллин, Е. А. Спешилов // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 6, Том 10. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/39ECVN618.pdf>

3 Лазерный датчик расстояния серии D [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metr-k.ru/files/products/level/dimetix/manual.pdf> (дата обращения: 23.11.2024).

4 Березин, А.В. Автоматизация лазерного раскроя / А.В. Березин; Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. технический ун-т им. В.Н. Гроздева. – Москва: НГТУ, 2012. – 202 с.

5 Бутков, Д.В. Системы автоматизированного проектирования: эксплуатация обрабатывающих станков. – 1-е изд., стер. / Д.В. Бутков, М.А. Зубов. – М.: Высшая школа, 2017. – 256 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**Еремеев М.А., Черноусова А.М., канд. тех. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В различных областях промышленности современные системы автоматизации процессов управления электроприводами имеют существенное значение. Важным компонентом таких систем является электропривод, который применяется для управления запорной арматурой, в том числе задвижками. Настройка и управление электроприводами эффективно только при соблюдении множества особенностей, таких как тип управления, дополнительные функции защиты и характер работ [1, 2].

Проектирование блока управления электропривода сложно тем, что конфигурация системы должна быть выбрана, исходя из специфики объекта и условий эксплуатации. При этом надо произвести правильный выбор задвижки, используемый привод, подобрать вид сигналов управления (аналоговые, дискретные, цифровые, их комбинации) и дополнительные функции, например, аварийную защиту.

Для инженеров, занимающихся проектированием таких систем, процесс выбора и настройки параметров может быть трудоемким и требующим высокого уровня квалификации. Недостаточно лишь правильно выбрать компоненты системы; необходимо обеспечить их правильное подключение и соответствующие настройки, что существенно повышает требования к времени и точности выполнения работы.

Актуальность работы заключается в том, чтобы повысить эффективность, оптимизировав блок управления электроприводами задвижек, управляющих запорной арматурой. Важно в конечном счете создать систему, которая позволит на первом этапе избежать ошибки выбора и проектирования подключения оборудования, а на втором – ускорить процесс разработки проектной документации и выполнения работ, но при этом сохранить высокую точность в инженерных решениях. Объектом исследования является процесс разработки блока управления электропривода задвижек, а предмет исследования – создание автоматизированной системы подбора и настройки параметров с учетом особенностей объекта и условий эксплуатации. Описание особенностей блока управления электропривода запорной арматуры как объекта автоматизированного проектирования приведено в работе [3].

Проведенный анализ научной литературы и технической документации позволил определить требования к системе автоматизированного проектирования (САПР) блока управления электропривода и ее архитектуре.

Для формирования технического задания на проектируемую САПР проведено функциональное моделирование с использованием методологии IDEF0

[4, 5]. Диаграммы IDEF0 представляют собой модели, которые иллюстрируют ключевые функции, взаимосвязи и процессы, происходящие в рамках функционирования системы.

Контекстная диаграмма верхнего уровня «Выполнить автоматизированное проектирование блока управления электропривода» приведена на рисунке 1. Входные данные для этой функции включают в себя: «Вид исполнения», «Вид управления» и «Назначение электропривода». Вид исполнения определяет, какой тип задвижки будет использоваться: запорная или регулирующая, что, в свою очередь, влияет на функциональные требования к блоку управления. Вид управления включает в себя выбор типа управления электроприводом, который может быть аналоговым, дискретным, цифровым или их комбинацией, что также имеет ключевое значение при настройке системы. Назначение электропривода – это еще один важный показатель, который определяет, для каких задач используется электропривод, например, для открытия или закрытия запорной арматуры, регулировки потока. Для успешного проектирования необходимо использование данных «Управление», в данном случае – это техническое задание (ТЗ) и нормативная документация. Техническое задание формирует основу для проектирования, в нем отражаются все требования и условия для будущей системы, включая функциональные характеристики и ограничения. Нормативная документация содержит стандарты, регламенты и требования безопасности, которые должны быть учтены в процессе проектирования и эксплуатации системы. Механизмы, участвующие в процессе проектирования, – это специалисты, такие как инженер-наладчик и инженер-проектировщик. Инженер-наладчик занимается настройкой системы управления, проверяет ее соответствие заявленным характеристикам и обеспечивает правильность работы всех компонентов. Инженер-проектировщик разрабатывает проектные решения, осуществляет выбор и настройку компонентов, проводит необходимые расчеты и анализирует систему.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма верхнего уровня

Результатом работы всей системы являются выходные данные – комплект проектной документации, который включает технические чертежи, схемы подключения, инструкции по монтажу и настройке, а также описание всех характеристик системы. Эти выходные данные обеспечивают возможность реализации проекта и дальнейшего его использования.

После описания модели в целом осуществляется функциональная декомпозиция, то есть ее разбиение на более мелкие элементы, необходимые для более детального и углубленного рассмотрения процессов.

На рисунке 2 представлена диаграмма декомпозиции блока «Выполнить автоматизированное проектирование блока управления электропривода». На первом этапе происходит анализ требований, для которого необходимы данные о виде исполнения, виде управления и назначении электропривода. Эти данные позволяют определить характеристики системы и составить список требований. Для этого используются техническое задание и нормативная документация, которые задают параметры и стандарты проекта. Важную роль на этом этапе играет инженер-проектировщик, который формирует список требований, содержащий все технические и функциональные параметры системы.

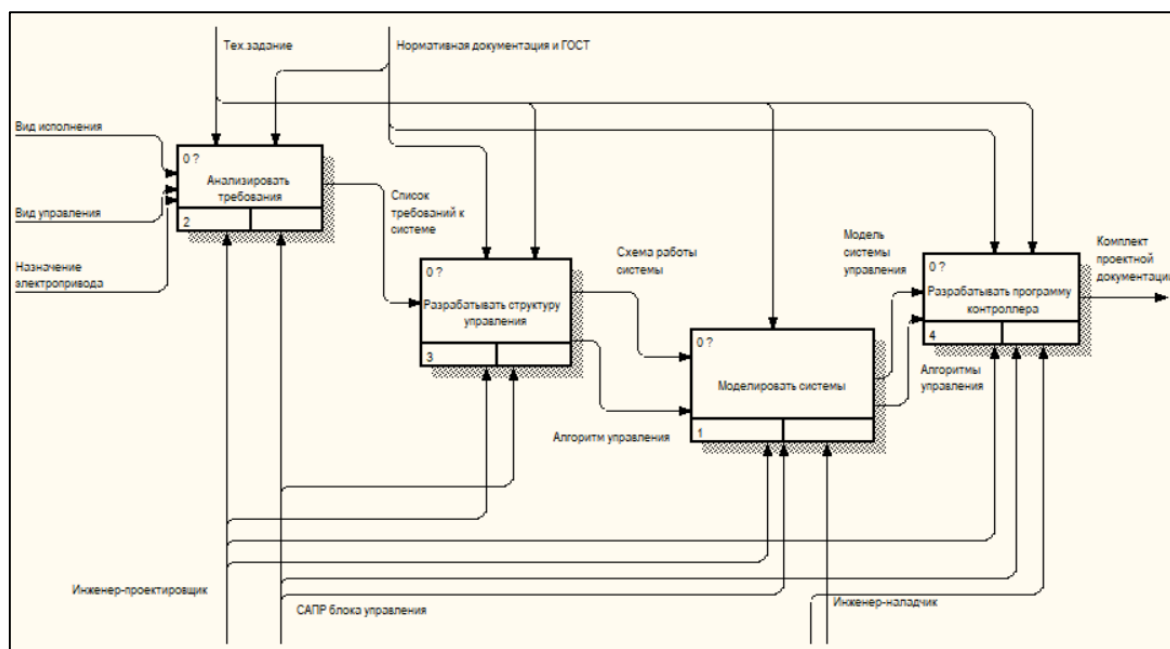


Рисунок 2 – Декомпозиция блока А0

Далее, на этапе разработки структуры управления, на основе списка требований разрабатывается схема работы системы, которая описывает основные функции системы, а также алгоритм управления, определяющий последовательность действий. Для разработки структуры управления также используются техническое задание и нормативная документация, а инженер-проектировщик играет ключевую роль в создании этих элементов управления.

На следующем этапе, в процессе моделирования системы, создаются модель системы управления, отражающая ее функциональность, и уточняются ал-

горитмы управления. Для этого используются схема работы системы и алгоритм управления, а также техническое задание, которое помогает обеспечить соответствие модели установленным требованиям. Инженер-проектировщик продолжает работать на этом этапе, разрабатывая модель системы.

Завершающим этапом является разработка программы, осуществляемая на основе модели системы управления и алгоритмов управления. На этом этапе формируется комплект проектной документации, включающий схемы, инструкции, цифровую модель, подготовленную в системе автоматизированного проектирования. В разработке программы снова участвуют техническое задание и нормативная документация, а роль «механизма» выполняет инженер-проектировщик.

В качестве примера дальнейшей декомпозиции на рисунке 3 представлена декомпозиция блока «Анализировать требования». Данный блок включает в себя несколько взаимосвязанных подэтапов, каждый из которых направлен на сбор и обработку исходных данных, анализ нормативных требований и формирование перечня технических требований к системе. Декомпозиция позволяет более детально рассмотреть процесс, выделить ключевые элементы и показать, как каждый из них влияет на общий результат.

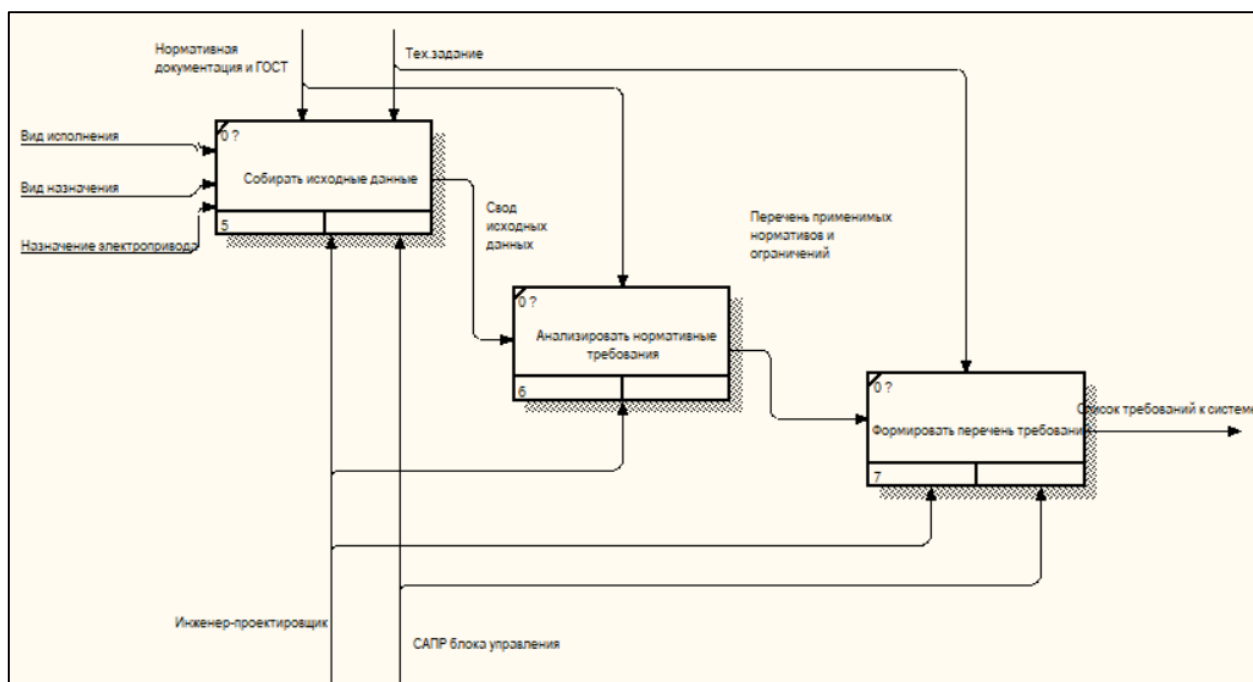


Рисунок 3 – Декомпозиция блока «Анализировать требования»

Таким образом, каждый этап на диаграмме IDEF0 представляет собой важную часть процесса проектирования блока управления электропривода, от анализа требований до создания проектной документации.

Список литературы

1 Чиликин, М.Г. Теория автоматизированного электропривода: учебное пособие для вузов / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. – М. : Энергия, 1979. – 616 с.

2 Автоматизированный электропривод промышленных установок / Т.Б. Онищенко и [др.]; под общей ред. Т.Б. Онищенко. – М. : Изд. РАСХН, 2001. – 520 с.

3 Еремеев, М. А. Особенности блока управления электропривода запорной арматуры как объекта автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] / М. А. Еремеев, А. М. Черноусова // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства : материалы Школы-семинара, Оренбург, 14 нояб. 2024 г. / Оренбург. гос. ун-т ; гл. ред. А. И. Сергеев; редкол.: М. А. Корнипаев, А. М. Черноусова. - Оренбург : ОГУ, 2024. - . - С. 336-338. . - 3 с.

4 РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. – М.: Госстандарт России, 2000. – 75 с.

5 Бахтизин, В.В. Методология функционального проектирования IDEF0: учеб. пособие по курсу «Технология разработки программного обеспечения» для студ. спец. 40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий дневной формы обучения» В.В. Бахтизин, Л.А. Глухова. – Мн.: БГУИР, 2003. – 24 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Жумашева Б.К., Акимов С.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Современная машиностроительная отрасль характеризуется высокой динамикой, сложностью производственных процессов и возрастающей конкуренцией. В этих условиях ключевым фактором успеха для машиностроительных предприятий является эффективное управление всеми аспектами деятельности – от проектирования и производства до сбыта и сервисного обслуживания. Одним из фундаментальных инструментов для достижения этой цели является разработка и внедрение функциональной схемы предприятия [1].

Функциональная схема представляет собой графическое отображение основных производственных процессов, функций и их взаимосвязей, позволяющее наглядно представить структуру предприятия и взаимодействие между различными подразделениями. По сути, это детальная карта ключевых операций и информационных потоков, обеспечивающая целостное понимание деятельности предприятия. Разработка функциональной схемы является неотъемлемой частью процессного подхода к управлению и способствует оптимизации производственных процессов, повышению прозрачности и эффективности работы предприятия в целом [2].

Разработка функциональной схемы машиностроительного предприятия должна базироваться на ряде методологических принципов, среди которых можно выделить следующие:

- системность, которая подразумевает рассмотрение предприятия как сложной системы, состоящей из взаимосвязанных элементов. Все производственные процессы анализируются во взаимосвязи, а не изолированно;
- декомпозиция, при которой сложные процессы разбиваются на более простые, что позволяет детально проанализировать каждую функцию и выявить узкие места;
- иерархичность предоставления информации на разных уровнях детализации;
- функциональная ориентированность каждого производственного процесса;
- наглядность, понятность и легкая интерпретируемость для всех участников производственного процесса [3].

Результатом разработки функциональной схемы должен стать документ, содержащий графическое отображение схемы, описание всех процессов и функций, а также спецификацию входов и выходов.

В результате реализации функциональной схемы выполняется ряд функций. Проектирование и конструирование отвечает за разработку технической

документации на продукцию, поскольку имеется необходимость обеспечить эффективную работу конструкторских отделов и внедрение современных CAD/CAM/CAE систем.

Производство и сборка отвечает за изготовление и сборку деталей и узлов. Необходимо оптимизировать производственные процессы, внедрять современные технологии и обеспечивать высокое качество продукции.

Контроль качества обеспечивает соответствие продукции установленным требованиям. Важно внедрять современные методы и инструменты контроля, такие как статистический контроль процесса и качества на всех этапах производства.

Сбыт и логистика отвечают за реализацию продукции и ее доставку до потребителя. Необходимо оптимизировать логистические процессы, внедрять эффективные методы сбыта и обеспечивать высокий уровень сервисного обслуживания [4].

Функциональная схема, как детальное графическое представление бизнес-процессов, функций и их взаимосвязей, обеспечивает наглядное отображение текущего состояния производственной системы. Это позволяет увидеть всю цепочку создания ценности, идентифицировать узкие места и потенциальные потери, а также разработать и внедрить эффективные решения для их устранения. Таким образом, функциональная схема становится незаменимым инструментом для картирования потока создания ценности и реализации основных принципов бережливого производства [5].

Обобщенная функциональная схема работы машиностроительного предприятия приведена на рисунке 1.

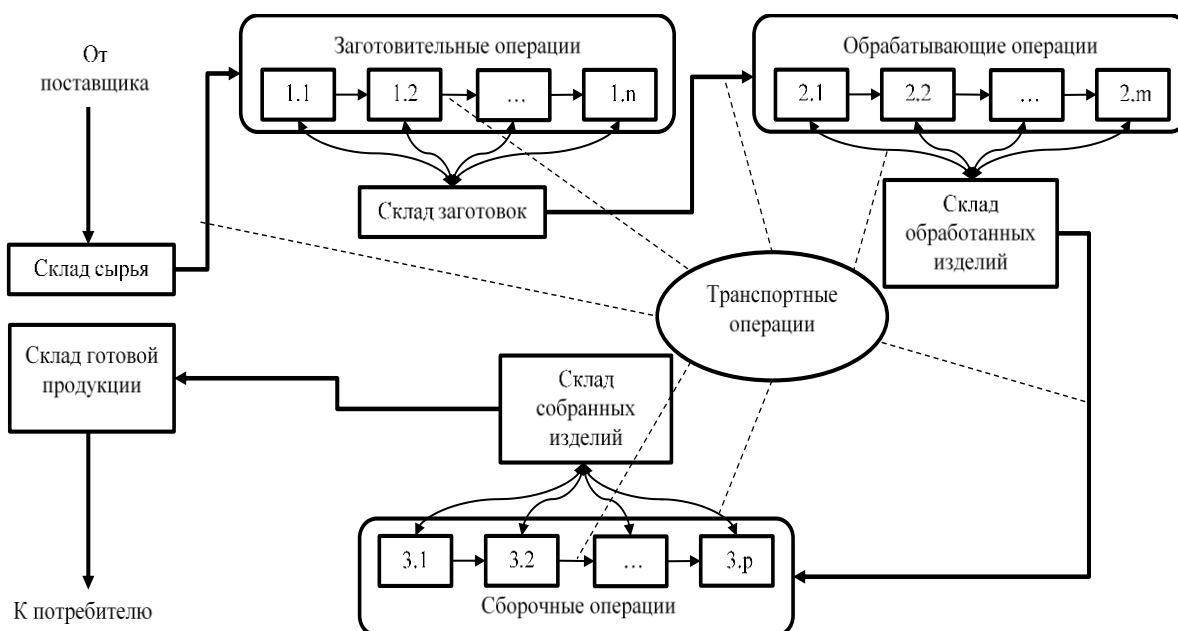


Рисунок 1 – Функциональная схема работы машиностроительного предприятия

Функциональная схема и принципы бережливого производства тесно связаны и дополняют друг друга. Функциональная схема является основой для карт потока создания ценности. Она позволяет визуализировать все этапы производственного процесса, включая операции, запасы, задержки и перемещения материалов. Это дает возможность наглядно увидеть весь поток создания ценности и идентифицировать потери на каждом этапе [6].

Кроме того, функциональная схема помогает выявить различные виды потерь, поскольку четкое отображение процессов на функциональной схеме помогает увидеть, где именно возникают эти потери.

Функциональная схема не является статичным документом. Она должна постоянно обновляться и дорабатываться по мере улучшения производственных процессов. Принципы Kaizen, такие как циклы PDCA (Plan-Do-Check-Act) и 5S (Сортировка, Соблюдение порядка, Содержание в чистоте, Стандартизация, Совершенствование), могут быть успешно внедрены на основе анализа функциональной схемы [7].

Для успешного применения функциональной схемы в бережливом производстве машиностроительных предприятий можно предложить следующий подход:

- на первом этапе необходимо разработать детальную функциональную схему текущего состояния производственной системы;
- после разработки схемы необходимо провести ее анализ с целью выявления узких мест и потенциальных потерь;
- на основе результатов анализа необходимо разработать функциональную схему целевого состояния, в которой устранены выявленные потери и оптимизированы производственные процессы;
- после разработки целевой схемы необходимо внедрить изменения и постоянно отслеживать их результаты. Циклы PDCA и 5S должны быть внедрены на постоянной основе, чтобы поддерживать непрерывное улучшение производственных процессов.

Предположим, что функциональная схема показывает, что в процессе сборки готового изделия существует значительная задержка на этапе ожидания необходимых компонентов. Это является классическим примером потери времени. Для устранения этой проблемы можно пересмотреть систему планирования производства и поставок, внедрить систему канбан для оперативного пополнения запасов и улучшить координацию между отделами закупок, складом и производством [8].

После внедрения изменений, функциональная схема должна быть пересмотрена и скорректирована, отражая новое, более эффективное состояние.

Таким образом, функциональная схема является мощным инструментом для реализации принципов бережливого производства в машиностроительных предприятиях. Она позволяет визуализировать производственные процессы, выявлять потери и оптимизировать работу. Системное применение функциональной схемы в сочетании с принципами бережливого производства способствует повышению эффективности, снижению затрат, улучшению качества и,

как следствие, повышению конкурентоспособности предприятия. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение специфики применения функциональной схемы в различных типах машиностроительных производств и разработку специализированных методик для ее использования в контексте бережливого производства.

Список литературы

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

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

3 Жумашева, Б. К. Анализ технологических маршрутов на основе проектирования карт потока создания ценности / Б. К. Жумашева, А. И. Сердюк, С. С. Акимов // Компьютерная интеграция производства и ИПИИ-технологии : сборник материалов X Всероссийской конференции, Оренбург, 18–19 ноября 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 102-105.

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

5 Жумашева, Б. К. Развитие и применение карт потока создания ценностей / Б. К. Жумашева, С. С. Акимов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 44. – С. 118-150.

6 Жумашева, Б. К. Оценка эффективности производственных процессов на основе карты потока создания ценности / Б. К. Жумашева, С. С. Акимов, А. С. Боровский // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 8. – С. 339-344.

7 Жумашева, Б. К. Оценка эффективности производственных процессов на основе карты потока создания ценности / Б. К. Жумашева, С. С. Акимов, А. С. Боровский // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 8. – С. 339-344.

8 Трипкош, В. А. Применение инструментов бережливого производства на основе байесовского алгоритма распознавания / В. А. Трипкош, С. С. Акимов // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 3. – С. 40-44.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РОБОТИЗИРОВАННЫХ (ДИСТАНЦИОННО-УПРАВЛЯЕМЫХ) СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

**Захаренков Я.Г., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

При создании систем физической защиты объектов важное место занимает разработка принципов их построения, которые в той или иной мере должны учитывать особенности их эксплуатации, организации в любых условиях, порядок выполнения ими задач, а также интерес, который они представляют для потенциальных нарушителей. Охрана объектов (стационарных, мобильных, полустационарных) осуществляется с использованием систем, предназначенных для защиты от возможных диверсий, совершаемых как путем открытого нападения, так и путем скрытого проникновения нарушителей (диверсантов) или преступных элементов на охраняемый объект, на расстояние, с которого возможно поражение объекта, а также для предотвращения доступа посторонних лиц на охраняемый объект.

Для повышения надежности охраны объектов применяются комплексы технических средств охраны, которые должны обеспечивать личный состав охраны объекта информацией о состоянии обстановки на объекте и на прилегающей к нему территории. Важное значение при определении необходимости оснащения техническими средствами охраны является определение опасностей, прежде всего связанных с деятельностью различных лиц – нарушителей, представляющих угрозу для существования самого объекта и (или) функционирования средств охраны [1].

Под нарушителем понимается лицо (группа лиц), пытающееся проникнуть или проникшее в помещение (на охраняемую территорию), защищенное системой охранной, а также пытающееся убить из охраняемого помещения (территории), в нарушение установленных порядка и правил. Выбор структуры и состава комплекса технических средств охраны предполагает, во-первых, анализ возможных вариантов действий нарушителя, имея в виду кого угодно, несанкционированным образом проникающего на охраняемую территорию и в его помещения, а именно: случайного, не имеющего определенных целей, человека; вора; грабителя; террориста или группы людей, вторгающихся с преступной целью.

Во-вторых, более углубленный или менее углубленный учет параметров моделей нарушителей осуществляется, исходя из значимости, ценности, важности объекта, т.е. требуемой категории его защиты (безопасности).

Анализ возможных действий нарушителя, позволяет сформировать его модели возможных действий, которые и принимаются за основополагающий фактор выбора тактики защиты объекта. Кроме того, на основе анализа моделей

возможных действий нарушителей, анализа потоков информации о состоянии обстановки на объекте и вокруг него, можно определить необходимую структуру системы охраны – структурную модель системы охраны (рисунок 1).

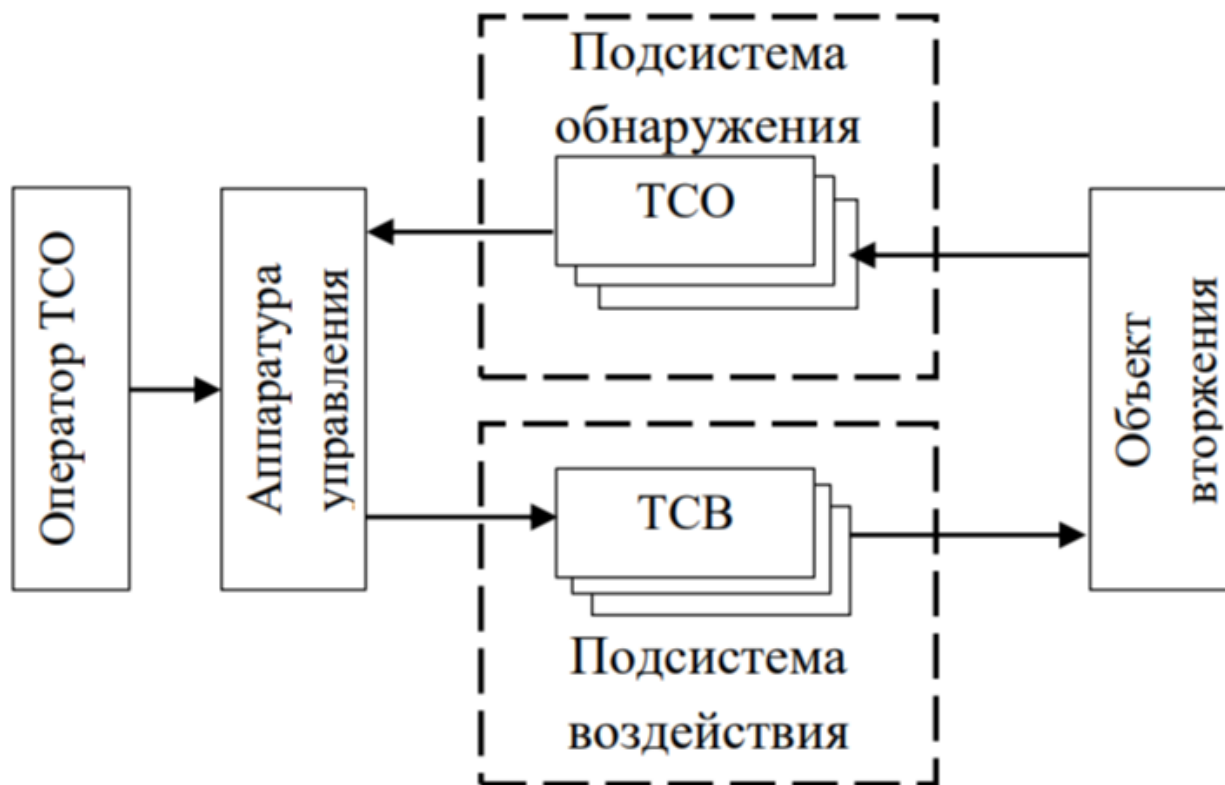


Рисунок 1 – Структурная модель системы охраны

Структурная модель системы охраны представляет собой замкнутую систему с обратной связью и имеет в своем составе:

- объект вторжения (нарушитель);
- подсистему обнаружения нарушителей;
- подсистему воздействия на нарушителя;
- аппаратуру управления (управляемую оператором системы охраны).

Одной из важнейших составных частей системы охраны является подсистема обнаружения, которая представляет собой комплекс технических средств охраны (КТСО), работающих на различных физических принципах и предназначенных для регистрации факта вторжения нарушителя на охраняемый объект [2]. Другой важной составной частью системы охраны является подсистема воздействия, которая представляет собой совокупность инженерных заграждений и технических средств, предназначенных для предупреждения посторонних лиц о наличии запретной зоны вокруг охраняемого объекта, а также для сдерживания (поражения) нарушителя, проникающего на объект одним из возможных способов.

Применение этих средств позволяет в разумных пределах снизить численность личного состава охраны, но при этом повысить надежность защиты объекта, увечить оперативность в принятии мер к задержанию нарушителя. На практике работа системы охраны складывается из двух фаз:

обнаружение факта несанкционированного проникновения на охраняемый объект (в возможно короткий период времени с момента его появления в охраняемой зоне) и его задержание.

Первая фаза – обнаружение нарушителя – определяется вероятностью обнаружения нарушителя ТСО, периодом наработки на отказ и временем восстановления ТСО;

Вторая фаза – задержание нарушителя – зависит от времени обнаружения нарушителя техническими средствами охранной сигнализации с момента его появления на объекте и периода наработки на ложное срабатывание. Последнее объясняется тем, что при ложном срабатывании силы охраны объекта отвлекаются на время проверки сигнала «Тревога» и не способны провести проверку двух и более фактов срабатывания ТСО одновременно. Кроме того, ложное срабатывание неизбежно создает (объективно, по законам психологии) стрессовую ситуацию, снижающую боеготовность сотрудников сил физической охраны на некоторый период времени, необходимый для восстановления гормонального баланса человеческого организма, а также порождает снижение бдительности из-за привыкания к факту появления ложных срабатываний. Таким образом, при разработке проекта оборудования охраняемого объекта техническими средствами охраны, помимо технических факторов, необходимо учитывать факторы, определяемые поведением нарушителя.

Важное влияние на оценку параметров нарушителя оказывают его исходные позиции [3]. Условно их можно разделить на четыре группы:

- нарушитель не имеет доступа на территорию объекта и, соответственно, преодолевает все рубежи охраны;
- нарушитель имеет доступ на объект, но не имеет доступа в режимную зону;
- нарушитель имеет доступ на объект и в режимную зону, но не имеет доступа к конкретным охраняемым сведениям или материальным ценностям;
- нарушитель имеет доступ на объект, в режимную зону и к конкретным охраняемым сведениям или материальным ценностям.

Очевидно, что для первой группы вероятность обнаружения и сложность проникновения на объект для совершения противоправных деяний в основном определяется структурой КТСО, а для четвертой – уровнем всей системы обеспечения безопасности, включая состояние режимной и кадровой работы, проводимой на объекте. Структурную схему передачи оператору КТСО информации о наличии нарушителя можно представить в виде, приведенном на рисунке 2.

Наиболее опасным, с точки зрения обеспечения сохранности объекта охраны, является подготовленный и технически оснащенный нарушитель, способный применить для обхода ТСО множество способов. Очевидно, модель охраны объекта должна строиться исходя из моделирования всех возможных действий нарушителя, а также учета факторов, характеризующих его появление на охраняемом объекте, т.е. от характеристик средств, входящих в подсистему обнаружения.

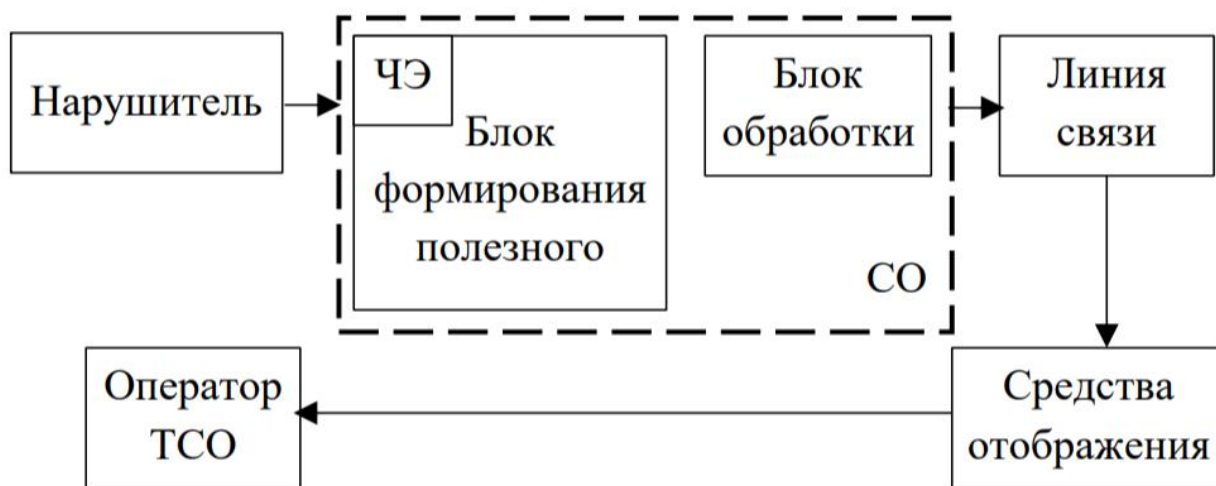


Рисунок 2 – Структурная схема передачи информации о наличии нарушителя

Человек (нарушитель) как объект вторжения в контролируемое пространство обладает определенной совокупностью присущих ему свойств, основными из которых являются: вес, геометрические размеры, скорость и способы передвижения, наличие продуктов жизнедеятельности и электрических параметров. Человек способен также воспринимать сигналы в диапазоне электромагнитных колебаний (видимый свет с длиной волны от 0,40 до 0,76 мкм) и акустических колебаний (от 16 до 20000 Гц при наибольшей чувствительности в пределах от 1000 до 4000 Гц).

Массу нарушителя без снаряжения принято считать равной 67 +/- 18 кг, а массу снаряжения – до 16 кг. Площадь поверхности тела человека как одиночной цели равна 0,5 м² (в рост) и 0,23 м² (лежа).

Нарушитель может передвигаться по земле без использования каких-либо механических двигателей со скоростью от нескольких сантиметров до нескольких метров в секунду. Диапазон скоростей для различных способов передвижения лежит в пределах от 0,1 до 8 м/с.

Однако нарушитель может проникать в контролируемую зону не только по земле, но и по воздуху. Спуск по воздуху на парашюте может быть осуществлен со скоростью от 5,0 до 7,0 м/с. Верхнее значение скорости снижения является физиологическим пределом для человека, дальнейшее ее увеличение сопряжено с опасностью серьезных травм при приземлении.

Для проникновения к охраняемому объекту нарушитель может использовать различные летательные аппараты. Для обеспечения безопасности скорость приземления с летательными аппаратами не должна превосходить указанного выше физиологического предела [4].

Не исключено также использование нарушителем для проникновения к охраняемому объекту подкопа, при этом скорость отрыва грунта средней категории будет составлять от 0,5 до 0,8 м³/ч. Вторжение нарушителя в контролируемую зону может быть обнаружено по ряду демаскирующих признаков. Эти признаки могут быть разделены на две группы: к первой группе

относятся признаки, неотъемлемые от человека как живого организма; ко второй – признаки, порождаемые взаимодействием человека с внешней средой.

В первую группу входят:

- инфракрасное излучение поверхности тела;
- радиоизлучение человека;
- электрические поля;
- магнитные поля;
- хемилюминисценция (свечение кожных покровов в оптическом диапазоне);
- акустические волны;
- химические соединения, выбрасываемые через кожу в виде испарений и аэрозолей.

Инфракрасное излучение поверхности тела имеет тепловую природу и из всех признаков первой группы обладает наибольшей мощностью (около 100 Вт). Максимум спектральной плотности излучения приходится на длину волны 10 мкм. На участок спектра излучения от 8 до 13 мкм, который совпадает с «окном» прозрачности атмосферы и поэтому используется в инфракрасных средствах обнаружения, приходится приблизительно одна треть от общей мощности излучения тела человека.

Собственное радиоизлучение человека также имеет тепловую природу, однако отражает температуру не поверхностных слоев тела, а его внутренних органов. Приходится оно в основном на дециметровый диапазон и примерно на 10 порядков меньше, чем инфракрасное излучение поверхности тела.

Постоянные электрические поля человека вызываются внутренними процессами, в результате чего на поверхностных слоях кожи может появляться довольно слабый потенциал, примерно 0,05 В.

Магнитные поля сопровождают движение электрических зарядов в организме. Некоторые процессы жизнедеятельности сопровождаются появлением магнитных полей напряженностью порядка 10^{-6} эрстеда. Это достаточно малая величина. Так, вблизи магнита, с помощью которого демонстрируют опыты на уроках физики, напряженность составляет примерно 100 эрстед; напряженность магнитного поля Земли – 0,5 эрстеда.

Простой анализ показывает, что из всех демаскирующих признаков первой группы с учетом реальных условий эксплуатации средств обнаружения на открытой местности для обнаружения нарушителя может использоваться лишь инфракрасное излучение. Появление демаскирующих признаков второй группы обуславливается воздействием нарушителя при вторжении в контролируемое пространство на физические параметры окружающей среды. Результатом этого воздействия может быть нарушение целостности предметов и их элементов, возбуждение сейсмических колебаний и т.д. Известно, что сейсмические колебания, возникающие при движении человека, зависят в основном от скорости его передвижения и характеристик грунта. В грунте средней категории движение человека существующими средствами можно регистрировать на расстоянии до 80 м.

При вторжении в контролируемое пространство человек воздействует на окружающие его поля, в результате чего происходит изменение распределения электромагнитного поля, поглощение, отражение, рассеивание и дифракция потока энергии. Большая часть из имеющихся средств обнаружения на сегодняшний день использует для обнаружения вторжения демаскирующие признаки второй группы. Это такие средства, как емкостные, сейсмические, радиолучевые, радиолокационные, акустические и многие другие.

Список литературы

1 Андреев, А.С. Комплекс инженерно-технических средств физической защиты: учебное пособие / А.С. Андреев, С.В. Степанов, С.Г. Бородин. Серпухов: ВА РВСН имени Петра Великого (филиал в г. Серпухове Московской области), 2017. – 340 с.

2 Андреев, А.С. Технические средства охраны: учебное пособие / А.С. Андреев. – Серпухов: ФВА, 2013.

3 Андреев, А.С. Обоснование рациональной структуры подсистемы обнаружения автоматизированной системы охраны важных государственных и военных объектов: монография / А.С. Андреев. – Серпухов, 2012.

4 Бондарев, П.В. Физическая защита ядерных объектов: учебное пособие / П.В. Бондарев, А.В. Измайлов, А.И. Толстой. – М.: ТРОВАНТ, 2008.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Ишмуратов И.Р., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В современной промышленной практике ключевой стратегической целью является снижение издержек и максимизация прибыли. Для достижения этой цели предприятия активно используют различные методы, в том числе внедрение инноваций и модернизацию производственных процессов. В частности, особое внимание уделяется оптимизации технологических процессов, направленной на снижение потребления энергии на всех этапах жизненного цикла технологического оборудования. Кроме того, важнейшим аспектом является разработка и реализация эффективной стратегии технического обслуживания, которая нацелена на минимизацию всех видов потерь и отходов в процессе эксплуатации оборудования [1].

Техническое обслуживание представляет собой комплекс мер, включающий все технические, административные и управленческие действия, предпринимаемые на протяжении всего жизненного цикла оборудования или объекта. Основная цель этих действий состоит в поддержании или восстановлении работоспособности объекта до состояния, позволяющего ему выполнять свои функции с требуемой эффективностью. Стоит отметить, что эффективность технического обслуживания оказывает существенное влияние на безопасность производственного процесса, состояние окружающей среды, качество выпускаемой продукции, а также на общую прибыльность компании, непосредственно влияя и на вероятность возникновения убытков [2].

Опираясь на определение, данное в источнике [3], важно подчеркнуть, что техническое обслуживание – это не только зона ответственности сотрудников, занимающихся непосредственно обслуживанием оборудования, но и стратегически важная управленческая функция, требующая вовлечения всего персонала компании.

В современных условиях многие компании используют различные системы управления для достижения ключевых целей, часто подкрепляя их конкретными системами в таких областях, как управление качеством, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности и информационная безопасность. Однако, на практике, часто возникает ситуация, когда эти системы управления не соответствуют специфическим целям управления техническим обслуживанием, оказывая малое или даже неоднозначное влияние на организацию процессов обслуживания.

Согласно определениям, используемым в области технического обслуживания (как представлено в работе [4]), техническое обслуживание представляет

собой совокупность управленческих, административных и технических операций, выполняемых на протяжении всего жизненного цикла оборудования с целью поддержания или восстановления его работоспособности до требуемого уровня. Одним из важных аспектов является обеспечение безопасности и качества при проведении технического обслуживания, а также учет требований по минимизации воздействия на окружающую среду и достижению экономической эффективности.

Исследования, приведенные в ряде работ [5], свидетельствуют, что затраты на техническое обслуживание могут составлять существенную долю, от 20 % до 35 %, от общих производственных издержек. Более того, свыше 25 % аварий на подземных рудниках происходит непосредственно в процессе технического обслуживания, а свыше 10 % производственных потерь приходится на корректирующее техническое обслуживание. Эти данные наглядно показывают наличие значительных резервов для повышения эффективности процессов технического обслуживания, особенно в отношении планирования. При этом важно понимать, что недостатки планирования приводят не только к прямым затратам, но и к значительным вынужденным затратам, связанным с простоями оборудования, производственными потерями и возможными авариями.

Для обеспечения эффективного технического обслуживания руководству необходимо владеть не только основными принципами управления системой, но и набором инструментов и методов, позволяющих принимать обоснованные решения и эффективно планировать мероприятия по техническому обслуживанию. Для этого необходимо использовать аналитические подходы, такие как анализ первопричин (RCA), анализ видов и последствий отказов (FMEA/FMECA) с оценкой критичности, анализ дерева неисправностей (FTA), анализ опасности и работоспособности (HAZOP) и анализ человеческих ошибок/надежности (HEA/HRA).

Следует отметить, что некоторые из перечисленных методов являются стандартными инструментами и применяются в сочетании с анализом критичности оборудования на основе критериев, соответствующих целям и политике компании. Это позволяет определить приоритеты и принять меры предосторожности в критически важных областях с целью предотвращения нежелательных потерь, связанных с безопасностью, экологией, качеством, информационной безопасностью, а также финансовыми потерями.

Стратегии технического обслуживания, основанные на ремонте только после отказа, способствуют возникновению ситуаций, когда выход оборудования из строя оказывает критическое влияние на достижение поставленных целей, что может приводить к неприемлемо высоким рискам и потерям.

В области технического обслуживания выделяют два основных подхода – превентивное и корректирующее обслуживание [6]. Превентивная стратегия ориентирована на предотвращение возникновения неисправностей путем регулярного проведения профилактических работ. Такие работы могут планироваться на основе фиксированных интервалов времени, пробега или циклов работы оборудования. Также профилактическое обслуживание может осуществ-

ляться, когда данные мониторинга состояния указывают на возрастающий риск отказа. В отличие от этого, корректирующее обслуживание предусматривает ремонт оборудования только после того, как неисправность уже произошла.

Стратегия технического обслуживания отображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Стратегии технического обслуживания

Выбор между этими стратегиями на этапе планирования зависит от ряда факторов, главным из которых является анализ потенциальных потерь в случае отказа оборудования и рисков, возникающих для достижения целей компании. При этом, наиболее важными областями риска, которые необходимо учитывать, являются [6]: безопасность персонала компании, безопасность объектов в окружающей среде, нарушение экологических требований, снижение качества продукции или срыв сроков поставок, утрата имущества или собственности предприятия, высокая стоимость ремонта оборудования в случае его неисправности, а также негативные последствия для экономики региона или общества в целом.

Современные компании все чаще также принимают во внимание риски потери имиджа, связанные с возникновением крупных промышленных аварий.

Таким образом, выбор системы управления техническим обслуживанием должен быть обоснованным и основываться на тщательном анализе потребностей и особенностей конкретного машиностроительного предприятия. Возмож-

но, комбинация подходов обеспечит наиболее эффективную систему управления техническим обслуживанием.

Список литературы

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

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

3 ГОСТ 18322-2016. Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения (введен в действие Приказом Росстандарта 28.03.2017 N 186-ст)

4 Андерсон, Д. Управление организационными системами / Д. Андерсон; пер. с англ. – М.: Редакция журнала «Менеджер», 2016. – 240 с.

5 Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник / А. И. Ящура. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с.

6 Жумашева, Б. К. Оценка эффективности производственных процессов на основе карты потока создания ценности / Б. К. Жумашева, С. С. Акимов, А. С. Боровский // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 8. – С. 339-344.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДОБЫЧИ И ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

**Кадыров И.Р., Шерстобитова В.Н., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В данной работе рассматривается система автоматического управления и контроля мобильной установки по добыче и подготовки нефти.

Цель работы – разработка и внедрение системы автоматического управления технологическим процессом, позволяющей повысить эффективность, точность и безопасность работы установки.

В рамках работы проведены исследования и анализ существующих методов и технологий автоматизации, изучены принципы работы установки и ее основные элементы. Были разработаны технические решения для автоматизации процессов, включая использование электронных датчиков и программируемых контроллеров, а также разработку прикладного программного обеспечения для управления установкой.

Основные объекты по добыче нефти и газа это установки, чаще всего состоящие из блоков, таких как: двух- и трехфазные сепараторы, емкости хранения, обезвоживания, обессоливания и дренажа, насосные и компрессорные станции, горизонтальные и вертикальные факельные установки. Каждый из блоков оснащен контрольно-измерительными приборами (КИП), для измерения, наблюдения и регулирования параметров технологического процесса, таких как температура, давление, уровень жидкости, расход и концентрация веществ. Время и практика показывают, что технология использования стрелочных манометров и термометров влечет за собой ряд недостатков:

- недоступное расположение на блоке для визуального контроля эксплуатирующим персоналом;
- низкая скорость получения и обработки информации;
- высокие трудозатраты на техническое обслуживание;
- влияние окружающей среды на возможность считать измерения;
- низкая безопасность на производственном предприятии;
- не точное считывание параметров с циферблата эксплуатирующим персоналом и другие.

Тенденция автоматизации производства в России в последние годы является важным экономическим фактором роста и оптимизации производства.

КИПиА (Контрольно-Измерительные Приборы и Автоматика) играют важную роль в процессе добычи нефти, обеспечивая контроль, автоматизацию и оптимизацию различных этапов. В условиях высоких требований к безопасности и эффективности, технологии КИПиА становятся незаменимыми в нефтяной отрасли.

Контроль процессов: КИПиА позволяют осуществлять мониторинг параметров, таких как давление, температура и уровень жидкости в резервуарах. Это критически важно для предотвращения аварий и обеспечения безопасной работы оборудования.

Автоматизация: современные системы автоматизации, основанные на КИПиА, позволяют управлять процессами добычи нефти с минимальным вмешательством человека. Это снижает вероятность ошибок со стороны персонала и повышает производительность.

Сбор данных: приборы КИПиА собирают данные о состоянии оборудования и технологических процессов, что позволяет проводить анализ и оптимизацию работы, а также планировать техническое обслуживание.

Измерительные приборы включают в себя датчики давления, температуры и уровня, которые фиксируют физические величины и передают данные в виде электрического сигнала для дальнейшей обработки.

Контроллеры. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) обрабатывают данные от измерительных приборов и, согласно заданному алгоритму, отправляют команды о необходимости изменения параметров процесса, например, регулирования потока нефти.

Актуаторы – механизмы, которые выполняют команды контроллеров, такие как открытие или закрытие клапанов, что позволяет управлять потоками нефти и газа.

Программное обеспечение. Системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и MES (Manufacturing Execution Systems) обеспечивают возможность разработки, или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, мониторинга, архивирования, диспетчерского управления производством и анализа данных, получаемых от приборов КИПиА, что позволяет оптимизировать процессы добычи.

С развитием технологий, таких как Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект, КИПиА в добыче нефти становятся более интеллектуальными. Например, использование предиктивной аналитики позволяет предсказывать возможные сбои оборудования, что значительно повышает надежность систем. Интеграция с облачными технологиями позволяет осуществлять удаленный мониторинг и управление, что особенно важно для удаленных месторождений.

КИПиА являются неотъемлемой частью процесса добычи нефти, обеспечивая контроль, автоматизацию и оптимизацию процессов. С учетом текущих тенденций в области технологий, можно ожидать, что роль КИПиА будет только возрастать, что приведет к более эффективным и безопасным системам добычи нефти.

Список литературы

1 Газпромнефть-Оренбург [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – ООО «Газпромнефть-Оренбург», 2024. – Режим доступа: <http://orb.gazprom-neft.ru/> – Загл. с экрана. – Дата пров. 24.12.2024.

2 Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник / В

2 ч. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Ч. 1. – 517 с.

3 Федоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП: Проектирование и разработка / Ю.Н. Федоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008.

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

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

Современные летательные аппараты (ЛА) являются сложными техническими системами, требующими постоянного совершенствования для повышения эффективности и безопасности их эксплуатации. Одним из ключевых направлений улучшения характеристик ЛА является цифровизация, в том числе использование компьютерных методов обработки данных, накопившихся у авиакомпаний и проектировщиков. Эти методы позволяют оптимизировать летно-технические характеристики, улучшить аэродинамику, повысить надежность, а также снизить расход топлива и эксплуатационные затраты. С развитием вычислительных мощностей и методов анализа данных инженеры получили инструменты, которые значительно упростили и ускорили процесс проектирования и оптимизации ЛА. Даже современные компании при внедрении новых технологий сталкиваются с проблемами разрозненности данных, сложности с доступом к ним, а также низким качеством самих данных [1]. Устранение барьеров в передаче данных, стандартизации каталогов позволяет повысить эффективность процесса управления данными, рисунок 1, а значит, и оптимизации характеристик ЛА.



Рисунок 1 – Схема управления данными

Компьютерное моделирование стало основой для анализа и улучшения летно-технических характеристик ЛА. Основные подходы включают:

1. Методы численного моделирования:

– метод конечных элементов широко используется для анализа прочности конструкций ЛА. Этот подход позволяет моделировать напряжения, возникающие в различных элементах конструкции, предсказывать их поведение под нагрузкой и разрабатывать более надежные конструкции;

– computational fluid dynamics (CFD) применяется для исследования аэродинамических характеристик. CFD позволяет моделировать воздушные потоки вокруг ЛА, оценивая подъемную силу, сопротивление и другие важные параметры. Использование CFD сокращает потребность в дорогостоящих натурных испытаниях в аэродинамической трубе.

2. Машинное обучение и анализ больших данных. Методы машинного обучения позволяют выявлять скрытые зависимости в больших объемах данных, собранных с бортовых систем ЛА. Например, анализ данных о параметрах полета и техническом состоянии ЛА помогает прогнозировать возможные неисправности и оптимизировать техобслуживание [2, 3].

Аэродинамика также играет ключевую роль в летно-технических характеристиках ЛА. Компьютерные методы дают возможность моделировать и анализировать различные варианты конфигурации ЛА для достижения оптимальных характеристик:

– исследование профиля крыла позволяет снизить аэродинамическое сопротивление и повысить подъемную силу. Например, вариации геометрии крыла, такие как применение закрылков или изменение угла стреловидности, исследуются с помощью CFD;

– влияние обтекателей и конструктивных элементов на общее аэродинамическое сопротивление ЛА можно изучить в рамках численного моделирования, что дает возможность минимизировать потери энергии.

Еще одним важным аспектом является оптимизация режимов полета. С помощью анализа данных и математического моделирования разрабатываются эффективные траектории и скорости, которые позволяют снизить расход топлива и минимизировать воздействие на окружающую среду. Основные подходы включают:

1. Анализ траекторий полета. Сравнение различных траекторий позволяет выбрать наиболее энергоэффективные маршруты, учитывающие особенности ландшафта, метеоусловия и воздушные коридоры.

2. Использование адаптивных алгоритмов. Алгоритмы машинного обучения могут автоматически подстраивать параметры полета в режиме реального времени, реагируя на изменения условий.

3. Прогнозирование метеоусловий. Интеграция данных о погоде позволяет корректировать маршрут полета для минимизации воздействия ветра и турбулентности [4].

Создание систем анализа всего процесса летной эксплуатации позволяет уточнять и анализировать расход топлива на каждом этапе полета и использовать возможности для экономии топлива, а также обеспечить поддержку точных данных для энергосбережения. Организация данных, анализ траектории полетов, отклонений от маршрутов также способствуют выбору системой оп-

тимальной траектории полета и высоты. На рисунке 2 изображен график оптимизации индекса стоимости (издержки на единицу времени/ стоимость топлива на единицу массы) [5].

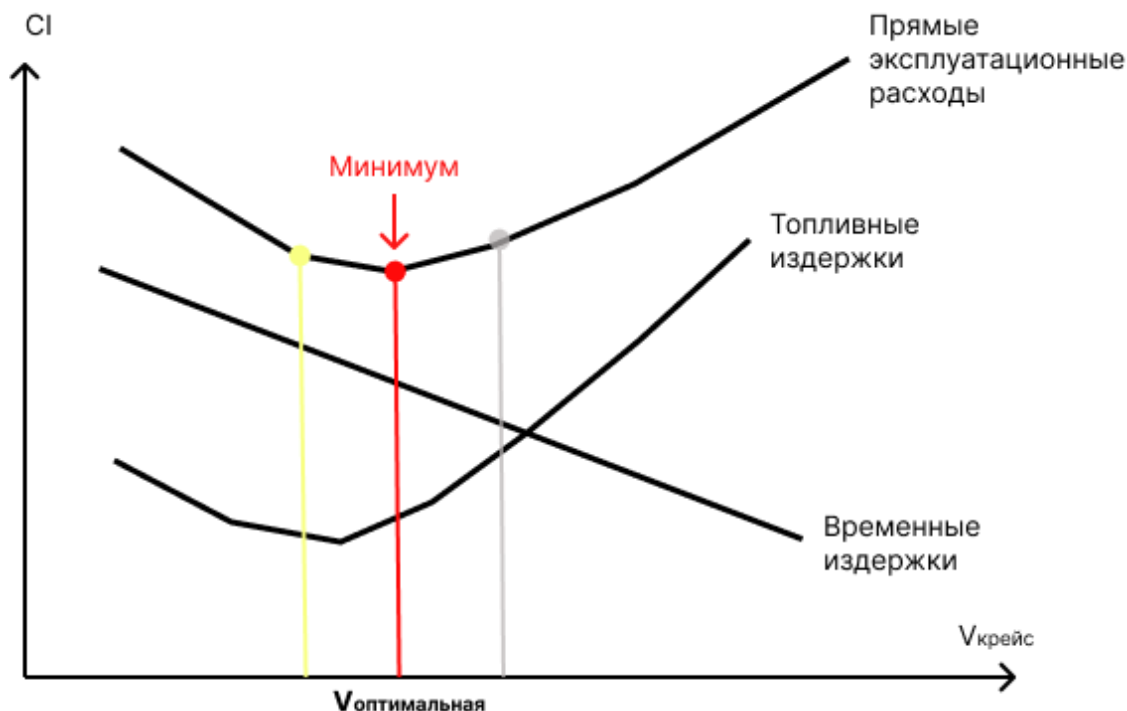


Рисунок 2 – Оптимизация индекса стоимости

Также новые возможности для анализа и улучшения характеристик ЛА открывает машинное обучение. Примеры применения включают предсказание отказов, оптимизацию технического обслуживания, а также адаптивное управление.

На основе анализа данных с датчиков можно прогнозировать возможные неисправности оборудования, что позволяет своевременно принимать меры по их устранению. Анализ исторических данных о техническом состоянии ЛА помогает выявлять наиболее уязвимые элементы конструкции и планировать техобслуживание более эффективно. Обучаемые модели могут использоваться для управления полетом, адаптируясь к изменяющимся условиям в режиме реального времени. Это повышает точность и безопасность управления.

Существуют успешные примеры внедрения компьютерных методов обработки данных в авиационной индустрии. В частности, использование машинного обучения и анализа больших данных позволило оптимизировать графики технического обслуживания и снизить эксплуатационные затраты; улучшить прогнозирование расхода топлива в зависимости от маршрута и условий полета и повысить точность моделирования аэродинамических характеристик за счет интеграции данных из различных источников [6, 7].

Использование компьютерных методов обработки данных открывает широкие перспективы для оптимизации летно-технических характеристик летательных аппаратов. Эти методы позволяют повысить аэродинамическую эф-

фективность, улучшить управление и эксплуатацию, а также снизить затраты. С развитием вычислительных технологий можно ожидать дальнейшего прогресса в этой области, что сделает авиацию еще более безопасной, экологичной и экономичной.

Применение современных подходов к обработке данных становится важным элементом проектирования и эксплуатации летательных аппаратов. Это позволяет обеспечивать соответствие требованиям современности и вносить значительный вклад в развитие авиастроения.

Список литературы

1 Методы оптимизации парка и основных летно-технических характеристик воздушных судов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-parka-i-osnovnyh-letno-tehnicheskikh-harakteristik-vozdushnykh-sudov> (дата обращения: 14.01.2024).

2 Введение в летно-технические характеристики ВС [Электронный ресурс]. URL: <https://utc-aviator.com/wp-content/uploads/2013/04/LTX-VS.pdf> (дата обращения: 14.01.2024).

3 Некоторые вопросы оптимизации профиля крыла [Электронный ресурс]. URL: <https://trudymai.ru/upload/iblock/28b/28be68ba32e345e34724b569488456b1.pdf?issue=80&lang=en> (дата обращения: 14.01.2024).

4 Применение показателей технической эффективности и обобщенного показателя технического уровня для анализа [Электронный ресурс]. URL: <https://avia.mstuca.ru/jour/article/view/1198> (дата обращения: 14.01.2024).

5 Теоретические основы и практические методы оптимизации режимов полета воздушных судов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/teoreticheskie-osnovy-i-prakticheskie-metody-optimizatsii-rezhimov-poleta-vozdushnykh-sudov-> (дата обращения: 14.01.2024).

6 Оценка, измерение и представление данных о состоянии [Электронный ресурс]. URL: https://www.uzcaa.uz/uploads/acts_cat/69a1d8100b81d130ad602cc063c70286.pdf (дата обращения: 14.01.2024).

7 Оптимизация режимов полета и характеристик аппарата с электрической силовой установкой [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/optimizatsiya-rezhimov-poleta-i-kharakteristik-apparata-s-elektricheskoi-silovoi-ustanovkoi> (дата обращения: 14.01.2024).

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Калягин М.В., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В статье рассматривается проблема обеспечения стабильной работы технологического оборудования очистных сооружений с использованием современных технологий автоматизации. Основное внимание уделяется контролю состояния, сбору статистических сведений по эксплуатируемому оборудованию с прогнозированием и автоматической настройкой параметров, направленной на предотвращение аварийных ситуаций. Приводится анализ существующих методов, предлагается алгоритм автоматизации, а также обсуждаются перспективы внедрения системы на основе машинного обучения.

С увеличением объёмов промышленного производства растёт потребность в эффективных системах очистки сточных вод. Очистные сооружения играют ключевую роль в обеспечении экологической безопасности и здоровья населения. Однако их работа подвержена влиянию множества факторов, таких как изменение состава сточных вод, износ оборудования и внешние погодные условия. Эти факторы могут привести к аварийным ситуациям, загрязнению окружающей среды и серьёзным экономическим убыткам. Очистка воды на предприятиях является сложным и энергоёмким процессом, который требует постоянного мониторинга, контроля и оперативности в принятии решений в части автоматического регулирования при постоянном изменении качества технологических сточных вод и состояния оборудования. Автоматизация этого процесса позволяет значительно повысить его эффективность, снизить затраты на эксплуатацию и минимизировать риск воздействия на окружающую экологическую среду.

В настоящее время большинство автоматизированных систем, эксплуатируемых на предприятиях, работают по заложенным алгоритмам. Так и традиционные системы управления очистными сооружениями используют заранее заданные параметры и сценарии, которые устанавливаются операторами на основании расчётных (проектных) данных. Основными недостатками таких систем являются:

- невозможность быстрой адаптации к изменениям в реальном времени;
- высокая зависимость от квалификации операторов;
- ограниченные возможности по предсказанию аварийных ситуаций;
- отсутствия статистической базы данных по отказам, сбоям в работе элементов всех уровней автоматизированной системы (далее – АСУ).

Современные решения включают использование датчиков, систем мониторинга и технологий обработки больших данных. Тем не менее, отсутствие интеграции этих технологий с автоматической системой принятия решений и

накопленной информации о состояниях и жизненных циклах оборудования остается проблемой, которая снижает их эффективность.

В случае нештатных ситуаций (отказ оборудования, элементов системы, превышение ПДК сточных вод и т.п.) система инициирует визуальные сообщения для оператора, диспетчера либо машиниста установок очистки, которые в свою очередь должны принять правильные решения и предпринять определенные действия. Для максимального исключения неправильных оперативных действий персонала, необходимо применение машинного обучения, а именно предиктивной аналитики в части прогнозирования сбоев оборудования и выработки правильных автоматизированных решений, для перенастройки алгоритма работы системы в различных ситуациях и своевременного проведения регламентных и вне регламентных работ с оборудованием.

Для разработки алгоритмов автоматической настройки и предиктивной аналитики жизненного цикла оборудования АСУ, предлагается подход на следующих принципах:

- 1) для сбора данных необходима установка датчиков для измерения ключевых параметров, таких как уровень загрязнения сточных вод, рН-метрия, температура, содержание растворенного кислорода и другие показатели;
- 2) для формирования базы данных необходима загрузка информации о состоянии элементов всех уровней системы, данных заводов изготовителей (срок эксплуатации, периодичность проведения регламентных работ, виды работ), факты проведения вне регламентных работ с указанием сроков, видов и объемов работ;
- 3) для обработки данных необходимо использование аналитических платформ для предварительной обработки, фильтрации и анализа данных;
- 4) для моделирования и прогнозирования необходимо применение методов машинного обучения для создания моделей, способных предсказывать поведение системы и выявлять потенциальные риски;
- 5) для автоматической настройки необходима разработка системы, которая в режиме реального времени способна изменять параметры работы оборудования (скорость насосов, интенсивность аэрации, дозировка реагентов, перераспределения потоков принимаемых сточных вод с превышением ПДК и т.д.), основываясь на прогнозных данных;
- 6) обратная связь для постоянного анализа эффективности работы системы и её адаптация в зависимости от изменяющихся условий.

Преимущества предлагаемого подхода:

- уменьшение риска аварийных ситуаций. Система способна заранее идентифицировать, предупредить и устранить возможные проблемы. Выявление «слабых мест» системы, элементов оборудования, несоответствующих заявленным характеристикам заводов-изготовителей;
- ориентация в процессе формирования качественной номенклатуры потребности материально-технических ресурсов, для своевременного обеспечения запасными частями и/или оборудованием производственных технологий на предприятиях;

– экономическая эффективность. Сокращение затрат на закупку необоснованного, по статистическим данным, объёма материально-технических ресурсов;

– перспективное планирование необходимого объёма бюджетных средств на ближайшие несколько лет для закупки материально-технических ресурсов, на основании аналитики статистических данных.

Автоматическая настройка параметров и прогнозирование работы оборудования системы очистных сооружений является важным шагом на пути к повышению её эффективности и надёжности. Применение современных технологий автоматизации и анализа данных открывает новые горизонты для предотвращения аварийных ситуаций и улучшения качества управления технологическими процессами. Внедрение таких систем заслуживает особое внимание в перспективном будущем для различных видов систем автоматизации на производстве.

Список литературы

1 СП 77.13330.2016 Системы автоматизации. Актуализированная редакция СНиП 3.05.07-85 – С. 44-47.

2 Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Система экологического менеджмента требования и руководство по применению, Environmental management systems. Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015, IDT) – С. 19-24.

3 <https://habr.com/ru/companies/factory5/articles/569066/> – Платформы анализа данных: что они умеют и как понять, нужны ли они вашему бизнесу.

АЛГОРИТМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

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

Современные транспортные системы и железнодорожный транспорт, в частности, играют ключевую роль в обеспечении устойчивого экономического развития страны, за счет мобильности поставки и переброски различных ресурсов. Важным аспектом функционирования транспортных систем является безопасность.

Применительно к железнодорожному транспорту одним из основных элементов, определяющих безопасность, является надежность работы подвижного состава. В качестве наиболее критичного оборудования выступают колесные пары подвижного состава. Эти конструкции подвергаются значительным нагрузкам и воздействиям, что делает их состояние критически важным для предотвращения аварий и обеспечения безопасной эксплуатации.

Актуальность исследования обусловлена растущими требованиями к безопасности железнодорожного транспорта, а также необходимостью повышения надежности и эффективности эксплуатации подвижного состава [1, 2].

Существующие методы неразрушающего контроля колесных пар представляют собой важный аспект обеспечения безопасности и надежности железнодорожного транспорта. Эти методы направлены на выявление дефектов и повреждений в колесных парах без их разрушения, что позволяет избежать дорогостоящих ремонтов и предотвратить аварийные ситуации.

В настоящее время существует несколько ключевых подходов неразрушающего контроля, каждый из которых обладает достоинствами и определенными ограничениями [3].

Визуальный контроль играет важную роль в процессе неразрушающего контроля колесных пар. Он позволяет быстро выявить видимые дефекты, такие как коррозия, износ или механические повреждения. Однако его эффективность ограничена, так как многие дефекты могут быть скрыты от глаз.

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля колесных пар основан на использовании ультразвуковых волн для выявления внутренних дефектов в металле. При наличии дефектов, таких как трещины, ультразвуковые волны отражаются, что позволяет специалистам выявить и локализовать повреждения. Ультразвуковой контроль обладает высокой чувствительностью и может обнаруживать дефекты на ранних стадиях их развития.

Другим распространенным методом неразрушающего контроля является магнитный контроль. Выявление поверхностных дефектов в составных частях колесной пары (таких как трещины, раковины, ползуны, расслоения и другие неоднородности) основано на использовании магнитных полей [3].

Основным принципом магнитного контроля, является использование магнитных датчиков, которые фокусируют изменения магнитного поля, вызванные дефектами. Данный контроль имеет ограничения в применении к немагнитным материалам и может не обнаруживать дефекты, находящиеся глубоко в материале.

Применение ультразвукового и магнитного методов неразрушающего контроля требует квалифицированных специалистов и может быть ограничено сложностью геометрии объектов. Поэтому актуальной остается задача автоматизации процесса реализации ультразвукового и магнитного подходов при проведении неразрушающего контроля колесных пар.

Алгоритм функционирования автоматизированной системы управления (АСУ) процессом ультразвуковой и магнитной диагностики колесных пар должен включать этапы:

- формирования сигнала по результатам захвата и оцифровки данных;
- предварительной обработки сигнала с целью подавления шумов;
- анализа его временных и частотных характеристик;
- визуализации и интерпретации полученных данных.

Несмотря на разнообразие существующих методов неразрушающего контроля, каждый из них имеет свои ограничения и не может полностью заменить другие. Поэтому в практике целесообразно применить комплексный подход, который позволит сочетать несколько методов для повышения надежности и точности диагностики.

В тоже время в условиях необходимости проводить анализ большого числа параметров одновременно комплексный подход должен включать использование методов искусственного интеллекта и, прежде всего методов машинного обучения [4]. Это позволит наряду с анализом осуществлять предсказания возможных неисправностей.

Алгоритм неразрушающего контроля и комплексной диагностики с помощью машинного обучения дополнительно к перечисленным выше этапам должен включать этап выбора и обучения модели. При этом могут быть использованы различные алгоритмы, такие как регрессия, деревья решений или нейронные сети.

Внедрение предлагаемого подхода в качестве рабочего алгоритма функционирования АСУ процессом неразрушающего контроля и комплексной диагностики колесных пар должно включать процедуры интеграции системы мониторинга в реальное время, а также установления обратной связи и адаптации системы. Постоянный анализ работы системы в реальном времени и результаты ее внедрения позволяют выявлять слабые места и возможности для улучшения. Механизм обратной связи также позволит корректировать параметры моделей и улучшать точность прогнозов.

Таким образом, комплексный подход позволяет значительно повысить эффективность контроля за состоянием колесных пар, сокращая время на диагностику и улучшая точность обнаружения дефектов. Использование машинного обучения не только автоматизирует процесс, но и значительно увеличивает

скорость обработки больших объемов данных, что особенно актуально для транспортных компаний с обширными парками. Внедрение подобного алгоритма может дать существенный экономический эффект за счет предотвращения аварий и продления срока службы компонентов железнодорожного транспорта.

В соответствии с комплексным подходом разработан алгоритм выявления дефектов колесных пар (рисунок 1), которые могут привести к аварийной ситуации при эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) железных дорог.

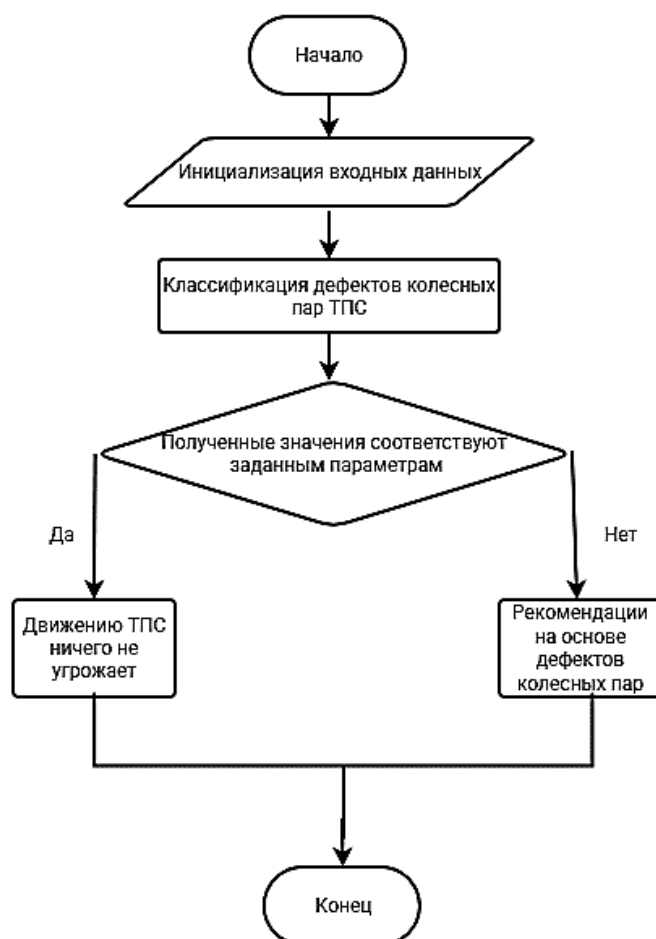


Рисунок 1 – Алгоритм выявления дефектов колесных пар при эксплуатации ТПС

Разработанный алгоритм включает в себя следующие этапы:

1) инициализация входных данных – определяются параметры и дефекты колесных пар;

2) классификация дефектов колесных пар ТПС – включает проведение процедуры распознавания дефектов [5, 6] по геометрическим параметрам и механическим повреждениям (рисунок 2);

3) если параметры соответствуют заданным значениям, движению ТПС ничего не угрожает, иначе требуется следовать рекомендациям соответствующих нормативных документов [7].

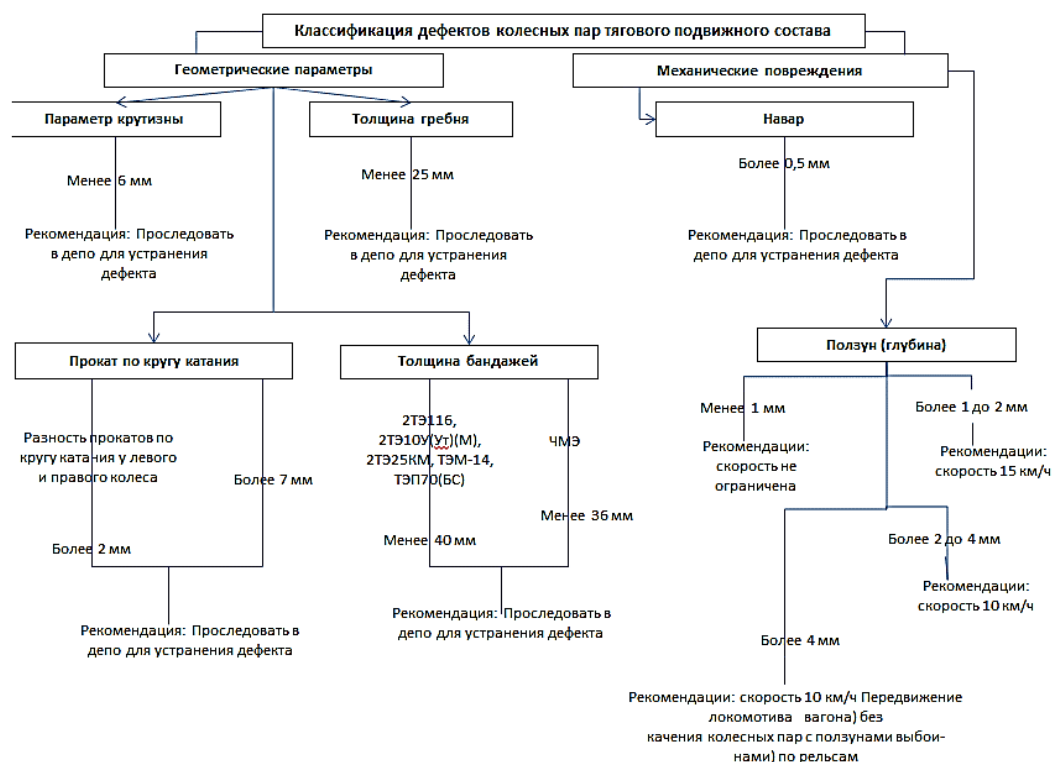


Рисунок 2 – Классификация дефектов колесных пар ТПС

Разработка алгоритмов неразрушающего контроля и диагностики для транспортных систем и подвижного состава железных дорог, в частности, позволяет значительно повысить безопасность и надежность транспортной инфраструктуры. Применение современных технологий, таких как машинное обучение и автоматизация процесса контроля, открывает новые горизонты в области диагностики и, безусловно, должно использоваться в новых перспективных разработках в области транспортных систем.

Список литературы

1 Киртьянова, А.В. Актуальность разработки алгоритмов неразрушающего контроля и диагностики оборудования подвижного состава железных дорог / А.В. Киртьянова, В.А. Трипкош // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства : материалы Школы-семинара, Оренбург, 14 нояб. 2024 г. / Оренбург : ОГУ, 2024. – С. 198-202.

2 Воробьев, А.А. Надёжность подвижного состава: учебник для специалистов / А.А. Воробьев [и др.]. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 301 с.

3 Алексеев, С.А. Новый подход к оценке надежности подвижного состава в эксплуатации / А.А. Воробьев, А.В. Скребков, С.А. Соколов // Безопасность движения поездов : материалы VII научно-практической конференции МИИТ / М., МИИТ, 2006. – 312 с.

4 Кугаевских, А.В. Классические методы машинного обучения: учебное пособие / А.В. Кугаевских, Д.И. Муромцев, О.В. Кирсанова. – СПб: Университет ИТМО, 2022. – 53 с.

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

6 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. – С. 97-101.

7 Распоряжение ОАО «РЖД» 22.12.2016 г. № 2631р – Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. – 125 с.

РОЛЬ САМОРЕГУЛИРУЕМОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ПРОЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Корнипаев М.А., канд. техн. наук, доцент,

Корнипаева А.А., канд. техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Развитие навыков и профессиональных компетенций в области программирования оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) требует комплексного подхода, включающего изучение теории, получение практических навыков и их отработку на реальном оборудовании.

При подготовке студентов направления 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств изучение теории включает ознакомление с базовыми понятиями (G-коды, M-коды, адреса и способы задания геометрической и технологической информации, виды интерполяций, циклы), при этом подразумевается, что обучающийся владеет знаниями в области технологии машиностроения. Получение практических навыков реализуется путем написания управляющих программ (УП) для обработки деталей различного уровня сложности, от простых до сложных (рисунки 1, 2), и дальнейшей верификации на симуляторах [1].

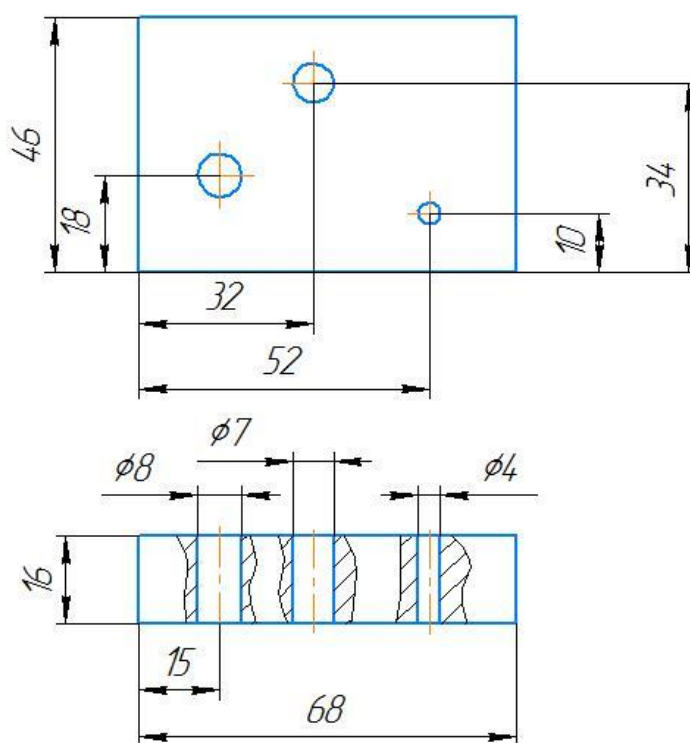


Рисунок 1 – Пример задания простого уровня

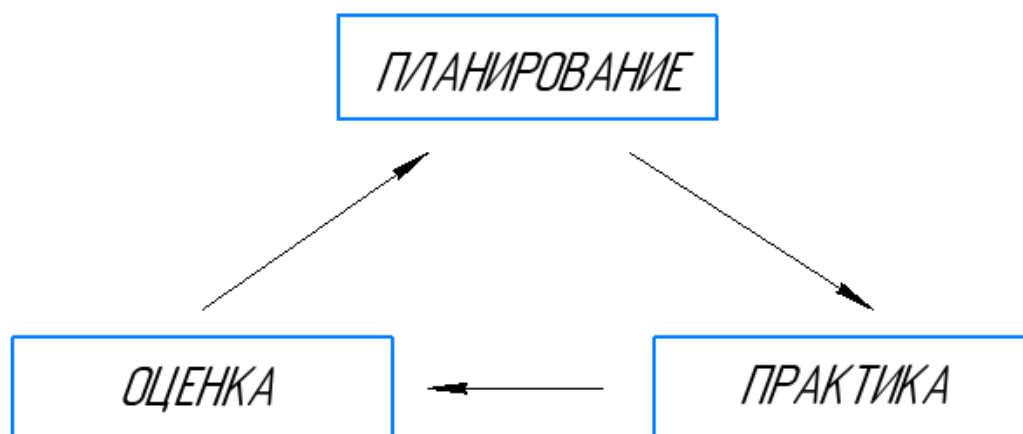


Рисунок 3 – Этапы саморегулируемого обучения

Опрос обучающихся показал, что наибольшую трудность представляет этап планирования, как при определении способов решения задач, так и при соблюдении установленных сроков по ряду причин как личного характера, так и недостаточный кругозор в области методов обработки. В качестве решения проблем этапа планирования возможно использование таких методик как взаимное обучение, а также дополнительные учебно-методические материалы, содержащие обобщающее задание или рабочие тетради.

Список литературы

1 Сергеев, А. И. Программирование оборудования с числовым программным управлением [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / А. И. Сергеев, А. С. Русяев, А. А. Корнипаева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 42136 Кб). – Оренбург : ОГУ, 2016. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0 – ISBN 978-5-7410-1539-1. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/10765_20160608.pdf.

2 Barry J. Zimmerman (1990) Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview, *Educational Psychologist*, 25:1, 3-17, DOI: 10.1207/s15326985ep2501_2.

3 Чернышова, Н. А. Стратегии саморегулируемого учения и формирование навыков учения на протяжении всей жизни в трудах американских ученых = Self-regulated Learning Strategies and Lifelong Learning Skills: Ideas Developed in American Scientists' Theories / Н. А. Чернышова // Педагогика : научно-теоретический журнал. – 2019. – № 1. - С. 56-65.

ПОДСИСТЕМА РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ КОМПАС-3D

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

Реверс-инжиниринг (Reverse Engineering) – это процесс анализа деталей, электронных компонентов, программного обеспечения и других объектов, с целью получения полной информации об их конструкции и функционировании [1]. Одним из наиболее популярных применений реверс-инжиниринга является создание макетов и моделей в CAD-системах. CAD, или Computer-Aided Design, означает проектирование с помощью компьютера. Благодаря использованию реверс-инжиниринга, специалисты могут создавать точные трехмерные модели сложных объектов, которые ранее не были доступны для обычных методов конструирования. На сегодняшний день реверс инжиниринг занимает лидирующие позиции по актуальности. С каждым днём спрос на услуги обратной разработки растёт, начиная от простого копирайта заготовок или деталей, заканчивая сложным процессом восстановления продукта по некачественному образцу [2].

Обратная разработка включает в себя несколько этапов:

- сканирование объекта или детали специальным устройством;
- преобразование полученного облака точек в результате сканирования в поверхность;
- реструктуризация STL-модели;
- получение сечений в виде двухмерных чертежей;
- получение твердотельной модели.

Каждый из описанных этапов может занимать продолжительное время на его реализацию, в особенности при ручной разработке [3]. В связи с этим, существует необходимость автоматизации процесса обратной разработки как в целом, так и локально для каждого этапа.

Для этого была реализована подсистема автоматизированного проектирования на основе реверс-инжиниринга (далее – САПР Реверс). Разработана САПР Реверс на основе встроенного SDK КОМПАС-МАСТЕР для CAD-системы КОМПАС-3D, библиотеки чтения STL- файлов – stl_reader.h, а также пользовательского интерфейса на основе диалоговых окон из пакета Microsoft Foundation Classes на языке программирования C++.

В большинстве случаев, первым этапом реверс инжиниринга является работа с облаком точек после сканирования детали, где специальным средствами, такими как: сканер и программное обеспечение для него, будет сформирована геометрия объекта в цифровом виде.

На данном этапе взаимодействие с облаком точек крайне ограничено. Операции, которые входят в основной набор программного обеспечения, представляют собой функции по уменьшению количества точек, что напрямую вли-

яет на размер выходного файла, а также удаление артефактов, появившихся в ходе сканирования. Дополнительно существует возможность изменения масштаба или положения в пространстве для точного позиционирования модели.

К примеру, на рисунке 1 представлено изделие, которое необходимо перенести в цифровой вид средствами реверс-инжиниринга, а также его облако точек (рисунок 2), полученное в результате сканирования.



Рисунок 1 – Изделие

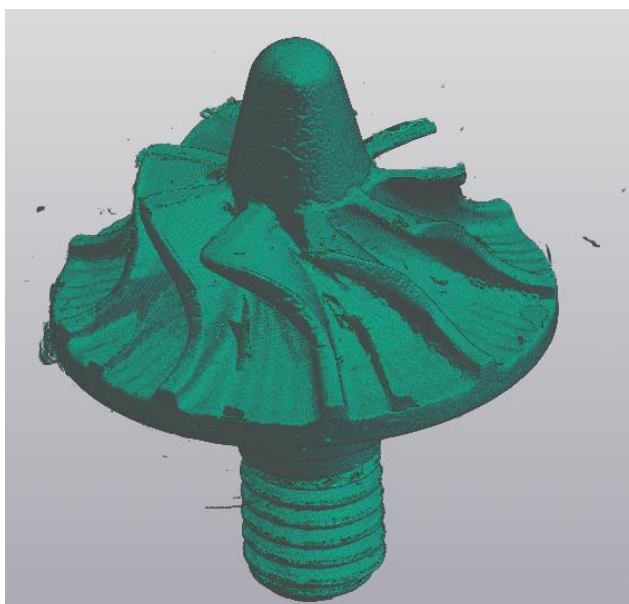


Рисунок 2 – Облако точек

Следующий этап – это преобразование полученного, в результате сканирования, облака точек в объект. Этот процесс называется – сшивание.

Сшивание производится программным обеспечением (ПО) для обработки сканов детали, но контролировать этот процесс не представляется возможным. По этой причине, сшитый объект преобразуется средствами ПО для сканирования в пустотелую поверхность STL, для возможности последующего получения твердотельной модели и редактирования в CAD-системе КОМПАС-3D при помощи программного средства «САПР Реверс».

На этом этапе есть возможность проверить поверхность на наличие дефектов после сканирования, как показано на рисунке 3. Кроме того, в случае необходимости восстановить поверхность модели, необходимо использовать сторонние программные средства [4], что может быть недоступно или же занимать продолжительное время при ручном восстановлении.

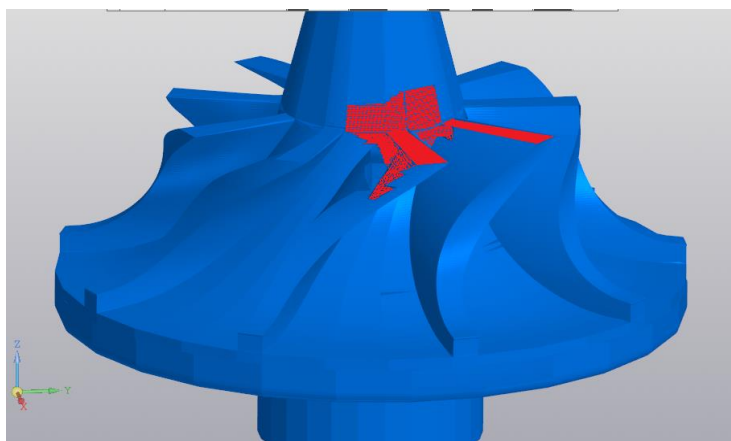


Рисунок 3 – STL-модель с образовавшимся разрывом поверхности

В свою очередь, программным способом, изменяя координаты и направление нормалей [5], можно автоматизировать восстановление STL-поверхности для грубых отклонений, разрывов или пересечений в процессе реверс-инжиниринга.

Так, например, полученную STL-модель с разрывом можно восстановить, используя «заплатку» на её поверхности, посредством системы автоматизированного проектирования «САПР Реверс». Диалоговое окно для начала операции восстановления показано на рисунке 4.

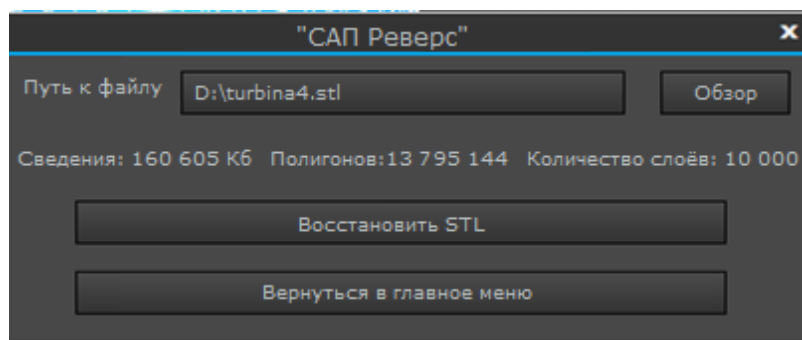


Рисунок 4 – Диалоговое окно с выбором STL-модели

Результатом выполнения алгоритма программного наложения «заплатки» является новый файл в формате *.stl, в котором была проанализирована поверхность сравнением координат фасетов, из которых состоит STL-модель, выбрана область, где поверхность незамкнута и записаны, вычисленные, координаты фасетов для заполнения области разрыва поверхности. После чего новый файл будет сохранён в каталоге, откуда открыт исходный. Управление перейдёт в CAD-систему КОМПАС-3D, где и будет открыт этот файл. Результат восстановления, реструктуризации и сглаживания поверхности STL посредством запуска алгоритма программного средства «САПР Реверс» показан на рисунке 5.

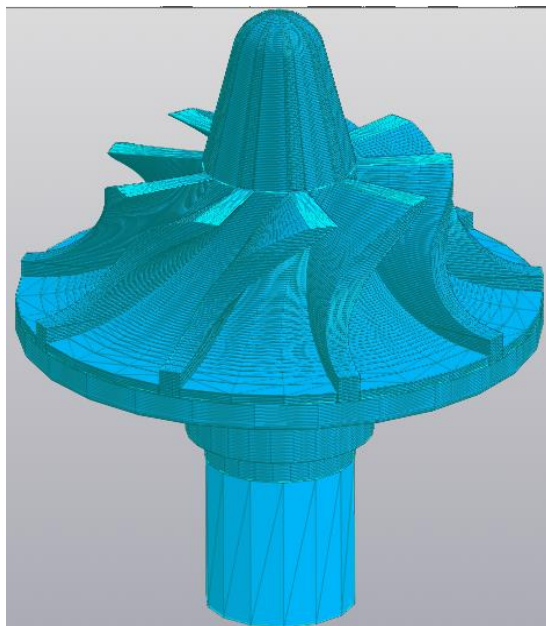


Рисунок 5 – STL-модель после восстановления

Чертежи играют важную роль в разработке и сопровождении изделия в течение его жизненного цикла. Так, следующим этапом реверс-инжиниринга является работа с сечениями в виде двухмерных чертежей. На данном этапе есть возможность получить цифровые размеры детали с большой точностью, которую обеспечивает 3D-сканер и алгоритм восстановления поверхности на предыдущем этапе.

Это необходимо для формирования конструкторской документации, т.е. чертежи, спецификация, модели [6], для изменения внутренней структуры объекта, при необходимости доработок, для изменения характеристик материала и размеров. Именно на конструкторской документации основаны процессы производства, эксплуатации, ремонта и модернизации изделий, так как они содержат основные данные, относящиеся к процессу изготовления детали. Кроме того, некоторые особенности того или иного изделия, которые невозможно показать на чертеже графически и при помощи условных обозначений, приводят в текстовой части чертежа. Программное средство на основе реверс-инжиниринга предоставляет технический функционал для автоматизации получения конструкторской документации посредством анализа форм чертежа для получения габаритов изделия, радиусов, фасок, углов, диаметров и видов [1],

что намного упростит процесс разработки технолога для дальнейшей доработки чертежа с учетом особенностей определённой детали или технических возможностей производства. В свою очередь, SDK КОМПАС-МАСТЕР предоставляет возможность автоматизировать данный этап созданием и редактирования как 2D, так и 3D-документов. На рисунке 6 представлен созданный программным способом вид по STL.

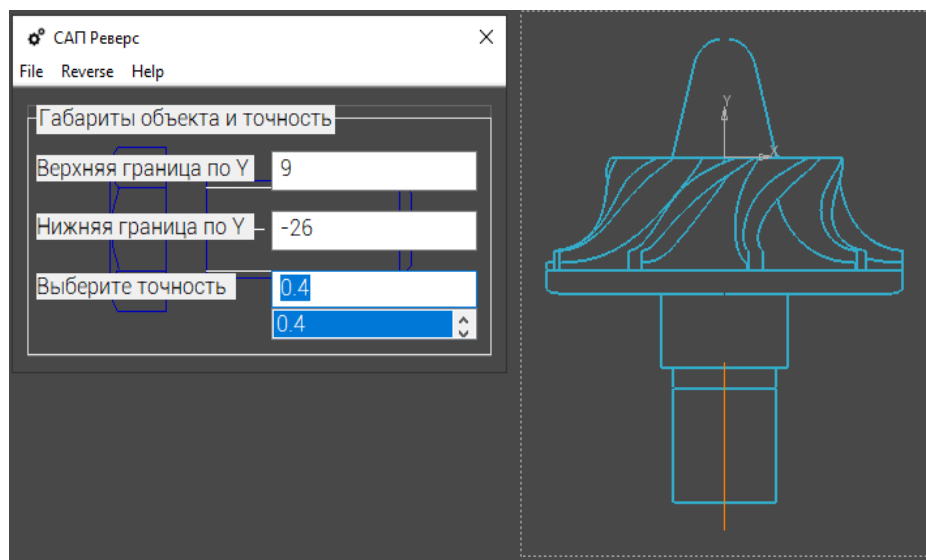


Рисунок 6 – Вид, созданный по STL-модели

После запуска преобразования пустотелой STL-модели в твердотельную модель, создаются сечения с помощью программного средства «САПР Реверс» (рисунок 7). Количество сечений зависит от размеров детали и выбранного шага в главном меню.

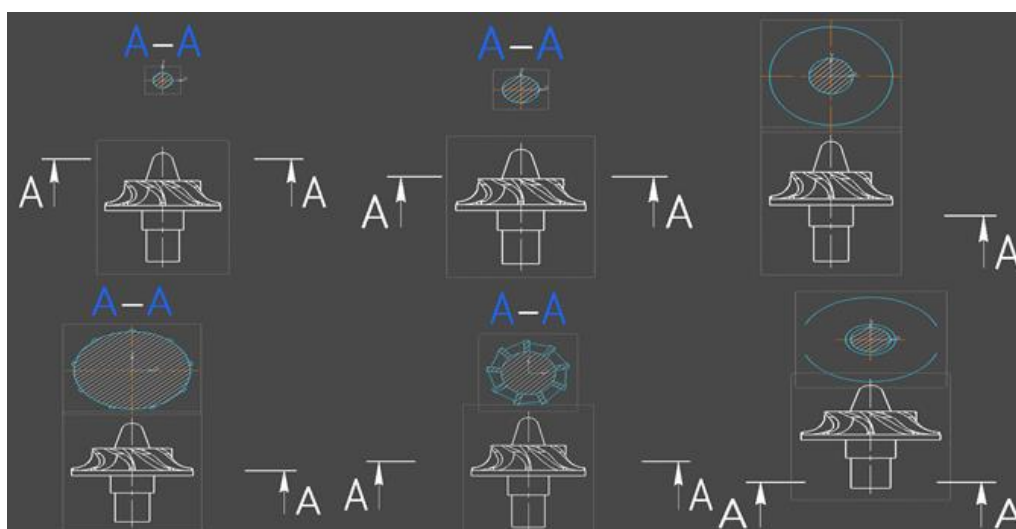


Рисунок 7 – Процесс сечения модели, для преобразования в твердотельную модель

Завершающим этапом обратной разработки – является создание твердотельной модели. Он также является ключевым, так как 3D модель изделия в

цифровом виде может применяться в различных математических тестах. Таки-ми, например, являются специальные алгоритмы топологической оптимизации конструкции изделия, которые позволяют значительно улучшить технические характеристики изделия, например, снизить массу детали в 2-3 раза с сохране-нием исходной прочности. При необходимости, для подтверждения техниче-ских параметров, необходимо изготовить опытный образец и провести испыта-ния. Альтернативный вариант, использовать, разработанную, 3D-модель изде-лия в системе инженерного анализа (CAE-система), чтобы произвести опреде-ленные расчеты. Результаты расчетов помогают определить недостатки кон-струкции изделия и оперативно внести изменения. В зависимости от назначе-ния детали и требований к надежности, расчёт в CAE-системе может заменить реальные испытания опытного образца [7].

Способ построения 3D-модели, реализованный в «САПР Реверс», осно-ван на встроенной операции CAD-системы КОМПАС-3D, которая называется «Выдавливание по сечениям». Данный алгоритм строит эскизы в документе по сечениям STL-модели, которая перенесена на вид. Результатом выполнения яв-ляется полностью идентичная, с сохранением размерных характеристик, твер-дотельная модель, доступная для редактирования (рисунок 8).

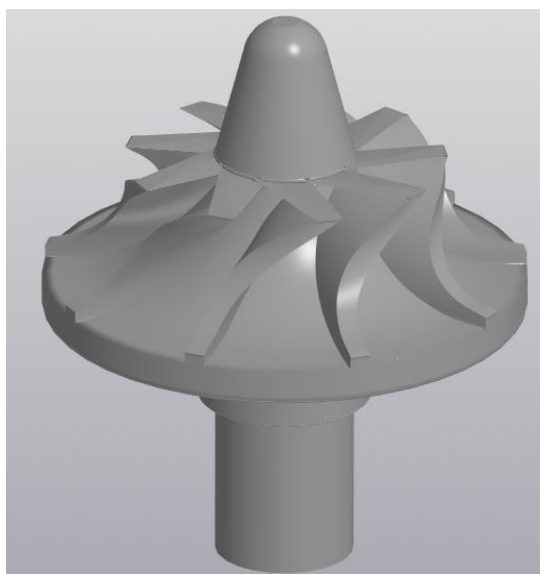


Рисунок 8 – Твёрдотельная модель

В заключении, можно сказать, что САПР на основе реверс-инжиниринга является актуальным инструментом для решения задач связанных с ведением жизненного цикла изделия, формированием конструкторской документации, расчетом прочностных характеристик, изменением свойств изделия с разными возможностями доработки, также в связи с наращиванием технологического суверенитета.

Список литературы

- 1 Лукманов, О. Обратный инжиниринг / О. Лукманов // САПР и графика. – 2018. – №1. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/25559/> – 05.01.2025.
- 2 Обратная разработка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://qualived.ru/reverse/> – 05.01.2025.
- 3 Фридман, Р. Обратная разработка великих свершений: реверс-инжиниринг как путь к мастерству / Р. Фридман; пер. с англ. П.А. Самсонова. – Минск : Попурри, 2021. – 272 с. – ISBN 978-985-15-4948-7.
- 4 Быстрое автоматическое исправление STL файлов для 3D-печати в программе Netfabb [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cantouch.ru/3d-stl-netfabb/amp/> – 03.01.2025.
- 5 STL формат (моделирование в блокнот) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/vipciller-icloud-com/stl-format-simulation-in-notepad/> – 03.01.2025.
- 6 Реверс в промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://igatec.com/uslugi/revers-inzhiniring/> – 12.01.2025.
- 7 Реверс-инжиниринг как альтернатива параллельному импорту [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dprom.online/mtindustry/revers-inzhiniring-kak-alternativa-parallelnomu-importu/> – 15.01.2025.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-СИСТЕМ

**Лазарев К.Е., Трипкош В.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

При исследовании методов и моделей автоматизированного проектирования технологического процесса сборки особое внимание заслуживает комплексная автоматизация на основе интеграции современных ИТ-систем, таких как ERP (Enterprise Resource Planning), PLM (Product Lifecycle Management), VSM (Value Stream Mapping) и др. Эти системы предлагают широкий спектр возможностей для оптимизации производственных процессов, улучшения управления ресурсами и повышения качества конечной продукции.

ERP-система выступает в роли основы комплексной автоматизации, ее использование позволяет оптимизировать производственные процессы, включая автоматизацию рутинных задач и снижение ошибок, связанных с человеческим фактором. Например, автоматическая генерация маршрутов обработки деталей, расчет потребностей в материалах и контроль сроки выполнения заказов. Это особенно важно при проектировании сложных сборочных линий, где требуется высокая точность и координация между различными операциями.

ERP-системы помогают эффективно управлять всеми видами ресурсов, таких как оборудование, материалы, персонал и время. В машиностроении это критически важно, поскольку неправильное распределение ресурсов может привести к задержкам в производстве и увеличению затрат.

В случае проектирования технологических процессов сборки это означает возможность отслеживания хода работ, выявления узких мест и своевременного внесения изменений в процесс.

Современные ERP-системы поддерживают интеграцию с новыми технологиями, такими как искусственный интеллект, машинное обучение и интернет вещей (IoT). Эти технологии могут использоваться для улучшения проектирования сборочных процессов, например, путем автоматического анализа больших объемов данных и прогнозирования потребностей в ресурсах [1].

Структура ERP-системы и ее роль в интеграции этапов производства и проектирования в машиностроении показана на рисунке 1.

Современные ERP-системы, также интегрируются с PLM-системами. Это связано с тем, что PLM управляет полным жизненным циклом продукта от идеи до вывода из эксплуатации, а ERP фокусируется на управлении ресурсами и бизнес-процессами в целом.

Одним из методов анализа и оптимизации производственных процессов является VSM-система, которая представляет собой методологию картирования потока создания ценности. Этот подход позволяет выявлять потери и оптимизиро-

вать процессы, анализируя текущие операции и находя возможности для их улучшения [2].

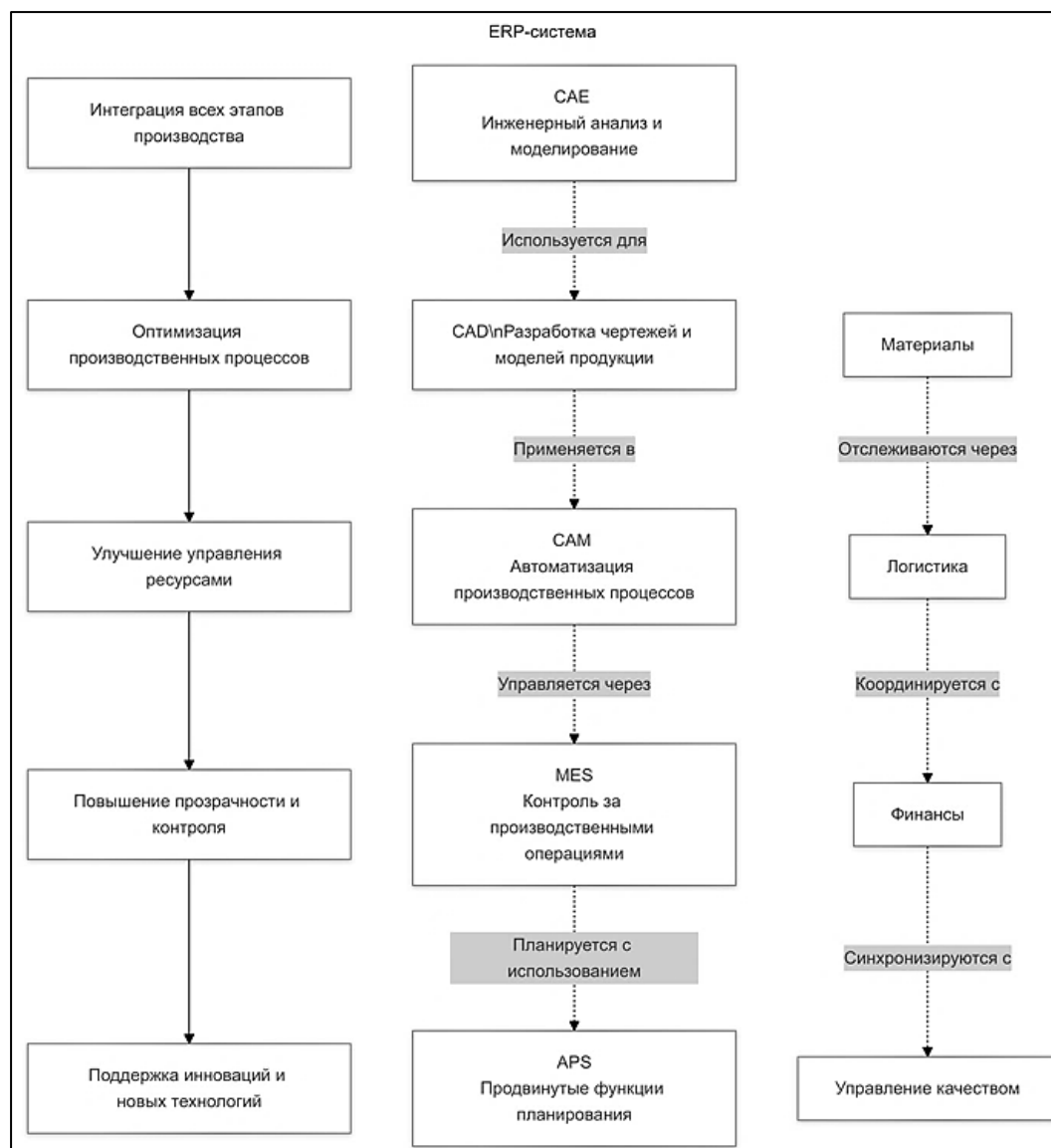


Рисунок 1 – Структура ERP-системы и ее роль в интеграции этапов производства и проектирования в машиностроении

Хотя VSM-система сама по себе не является системой автоматизации, она служит ценным инструментом бережливого производства при проектировании и совершенствовании технологических процессов [3], что особенно важно для машиностроительной отрасли.

Теперь рассмотрим, каким образом VSM может интегрироваться с другими системами, такими как ERP, PLM, MES, CAD/CAM/CAE и APS, чтобы обеспечить комплексное управление производственными процессами и автоматизацию сборки в машиностроении.

VSM помогает выявить узкие места и потери в производственных процессах, а ERP предоставляет данные для анализа этих проблем. Например, информация об использовании ресурсов, времени выполнения операций и затратах, полу-

ченная из ERP, может использоваться для построения карты потока создания ценности. Это позволит определить области, где необходимо улучшить процессы, и внедрить изменения через ERP.

PLM-система управляет жизненным циклом продукта, включая разработку, тестирование и внедрение изменений. VSM может помочь идентифицировать проблемы в процессе разработки и предложить пути их устранения. Например, если обнаруживается, что определённая часть конструкции вызывает задержки в сборке, PLM может внести соответствующие изменения в дизайн, а затем передать обновлённые данные в ERP и MES (Manufacturing Execution System) для реализации.

MES-система контролирует производственные операции в режиме реального времени. VSM может помочь выявить неэффективности в работе оборудования, загрузке персонала и движении материалов. Результаты анализа VSM могут быть использованы для настройки параметров MES, чтобы повысить производительность и снизить простои.

Системы автоматизированного проектирования и производства (CAD/CAM/CAE) и виртуальная система моделирования (VSM) играют важную роль в процессе создания и изготовления деталей. Они помогают проектировать, моделировать и производить изделия. VSM позволяет определить на каких этапах разработки и производства следует сосредоточить внимание для их улучшения.

Например, если VSM указывает, что определенный этап проектирования требует слишком много времени, можно пересмотреть использование инструментов CAD/CAM/CAE для его оптимизации и ускорения.

APS-система (Advanced Planning and Scheduling) занимается планированием и управлением производственным процессом. VSM может предоставить информацию о текущем состоянии потоков материалов и работ, что поможет APS лучше планировать ресурсы и минимизировать задержки. Например, если VSM показывает, что определенное оборудование перегружено, APS может перераспределить задачи на менее загруженное оборудование [4].

Интеграция данных систем в рамках единого технологического процесса (ТП) сборки в машиностроении вполне реально и даже желательно, так как это позволяет создать целостную картину всего производственного цикла, начиная от проектирования и заканчивая выпуском готовой продукции.

С учетом назначения и особенностей описанных выше ИТ-систем предлагается такую интеграцию реализовать в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.

Комплексная автоматизация на основе этих систем позволяет существенно улучшить проектирование технологических процессов сборки, оптимизировать использование ресурсов и повысить качество конечных изделий.

Таким образом, применение перспективных промышленных технологий совместно с интеграцией современных ИТ-систем в машиностроении открывает широкие возможности для совершенствования сборочных процессов и повышения общей эффективности предприятий.

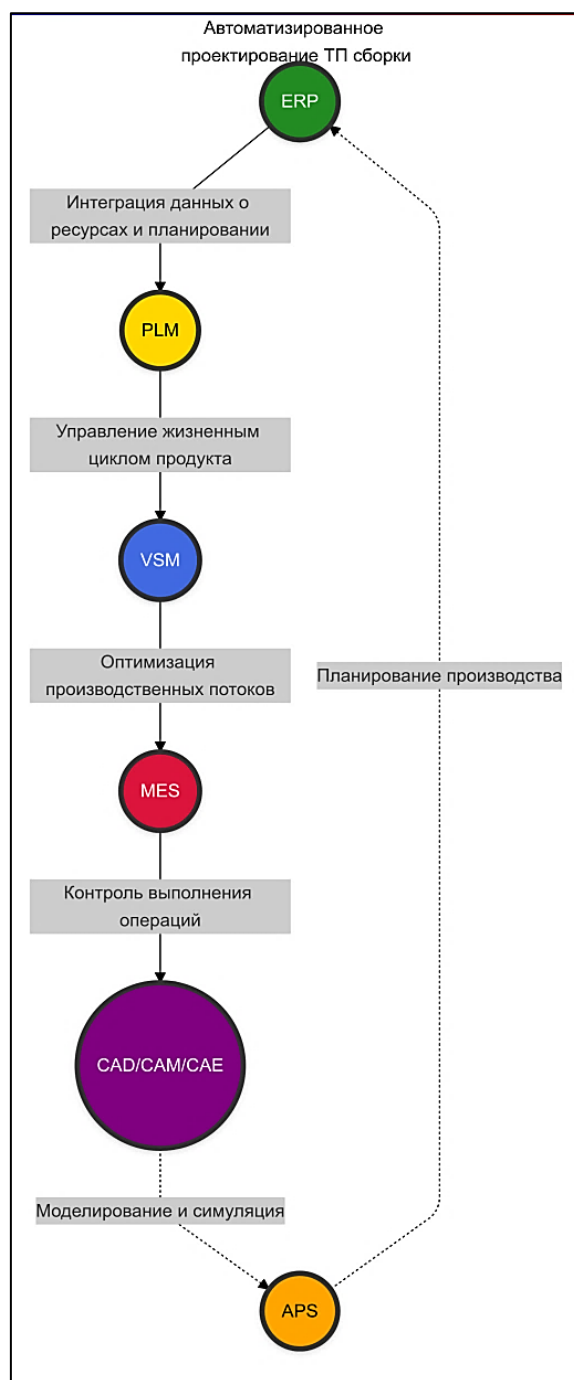


Рисунок 2 – Схема интеграции различных ИТ-систем при реализации методов и моделей автоматизированного проектирования ТП сборки в машиностроении

Список литературы

1 Шитова, Т.Ф. ERP-система – эффективный инструмент развития цифровой экономики / Т.Ф. Шитова // Муниципалитет: экономика и управление. 2021. – № 2(35). С. 27-39. DOI: 10.22394/2304-3385-2021-2-27-39.

2 Акимов, С.С. Оптимизация производственных потоков на основе алгоритма распознавания производственных ситуаций / С.С. Акимов, В.А. Трипкош

// Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 5-1. – С. 10-15. DOI: 10.17513/snt.39553.

3 Трипкош, В.А. Применение инструментов бережливого производства на основе байесовского алгоритма распознавания / В.А. Трипкош, С.С. Акимов // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 3. – С. 40-44. DOI: 10.17513/snt.39553.

4 Кульга, К.С. Особенности внедрения на машиностроительных предприятиях CAD/CAM/PDM/CAE/PLM и ERP-систем и методы их интеграции / К.С. Кульга // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 112-115.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

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

Автоматизация производственных процессов на промышленных предприятиях становится важнейшим аспектом современного производства. В условиях быстрого технологического прогресса и усиливающейся конкуренции компании стремятся оптимизировать свои операции с целью повышения как производительности, так и уровня безопасности. Одним из центральных компонентов автоматизации является система контроля и управления доступом (СКУД). В данной статье проанализирована значимость интеграции СКУД в общую автоматизацию, рассмотрены существующие технологии и их влияние на эффективность работы предприятий, а также изучены перспективы развития СКУД с учетом внедрения новых технологий, таких как Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (AI).

Автоматизация на промышленных предприятиях охватывает широкий спектр технологий, среди которых выделяются SCADA (системы диспетчерского контроля и сбора данных), MES (системы управления производственными процессами) и ERP (системы планирования ресурсов предприятия) [1]. Эти решения позволяют эффективно контролировать и управлять производственными операциями, обеспечивая высокую степень интеграции и согласованности между различными процессами.

SCADA – данная система предназначена для мониторинга и управления технологическими процессами в реальном времени. Она собирает данные с различных датчиков и оборудования, что позволяет осуществлять дистанционное управление и оперативно реагировать на изменения в производственной среде.

MES – системы управления производственными процессами на уровне цеха обеспечивают планирование, мониторинг и контроль выполнения производственных заданий. MES способствует оптимизации потоков производства, улучшению качества продукции и снижению затрат за счет более рационального использования ресурсов [1].

ERP – эти системы интегрируют все аспекты бизнеса, включая финансовые операции, управление персоналом и производственные процессы, в единую платформу. Это повышает эффективность управления и обеспечивает прозрачность данных, что позволяет принимать более обоснованные решения и улучшать взаимодействие между различными подразделениями компании [1].

Современные тренды, такие как внедрение технологий Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI), открывают новые горизонты для повышения эффективности и адаптивности производственных процессов. Интеграция этих технологий с SCADA, MES и ERP позволяет не только улучшить управление, но и создать более гибкие и устойчивые производственные системы, способные быстро реагировать на изменения в рыночной среде.

Каждая из технологий автоматизации обладает своими уникальными преимуществами и недостатками. Например, SCADA предлагает высокую гибкость и возможность масштабирования, что делает ее подходящей для различных производственных условий. Однако настройка этой системы может быть достаточно сложной и требовать значительных усилий [1].

MES предоставляет возможность детального мониторинга и управления производственными процессами, что позволяет эффективно отслеживать выполнение заданий и оптимизировать операции. Тем не менее, внедрение MES может потребовать значительных финансовых вложений и временных затрат на интеграцию в существующие процессы.

Что касается ERP-систем, они способствуют интеграции всех бизнес-процессов, включая финансы, управление персоналом и производство, в единую платформу. Это повышает общую эффективность управления и прозрачность данных. Однако сложность ERP-систем может создать трудности в обучении сотрудников и адаптации к новым процессам [1].

Таким образом, при выборе и внедрении этих технологий необходимо учитывать как их преимущества, так и возможные недостатки, чтобы обеспечить успешную автоматизацию производственных процессов.

Внедрение автоматизации, включая системы SCADA, MES и ERP, оказывает значительное влияние на производительность предприятий. Исследования показывают, что организации, которые интегрировали эти технологии, наблюдают сокращение времени простоя оборудования на 20 % – 30 % и рост общей производительности на 15 % – 25 %. Эти результаты подчеркивают ключевую роль автоматизации в современном производственном процессе и ее способность улучшать эффективность работы.

Системы контроля и управления доступом (СКУД) играют важную роль в обеспечении безопасности на предприятиях, контролируя доступ к различным зонам и ресурсам. Основные функции, которые выполняют СКУД, включают:

- 1) идентификация пользователей: системы используют различные методы, такие как карты, биометрические данные и PIN-коды, для проверки личности пользователей [2];

- 2) управление доступом: СКУД позволяют устанавливать права доступа для разных категорий пользователей, что обеспечивает гибкость в управлении безопасностью;

- 3) мониторинг и отчетность: системы собирают данные о входах и выходах, а также генерируют отчеты, которые помогают в анализе и оценке уровня безопасности на объекте [2].

Эти функции делаютСКУД незаменимыми для эффективного управления безопасностью на современных предприятиях.

Системы контроля и управления доступом (СКУД) являются важным инструментом для обеспечения безопасности на предприятиях. Например, использование современных решений в области контроля доступа может привести к снижению случаев несанкционированного доступа на 40 % [2]. Кроме того, СКУД способствуют оптимизации ресурсов, предоставляя информацию о том, какие зоны используются наиболее активно, что позволяет более эффективно управлять пространством и ресурсами.

Интеграция систем контроля и управления доступом (СКУД) с другими решениями, такими как SCADA и ERP, создает единую экосистему управления, что значительно улучшает анализ данных и процесс принятия решений. Например, сочетание СКУД с системами управления производственными процессами (MES) позволяет не только контролировать доступ к производственным зонам, но и отслеживать выполнение производственных заданий, что в свою очередь способствует повышению эффективности работы предприятия [2].

Множество компаний уже успешно реализовали системы контроля и управления доступом (СКУД), что привело к заметным улучшениям в их работе. Например, на одном из крупных автомобильных заводов внедрение СКУД способствовало снижению числа инцидентов с несанкционированным доступом на 50 % в течение первого года [2]. В другом случае, фармацевтическая компания, интегрировавшая СКУД с системами управления производственными процессами (MES), смогла повысить свою эффективность на 20 %.

Анализ результатов внедрения систем контроля и управления доступом (СКУД) демонстрирует, что организации, использующие такие решения, отмечают не только улучшение уровня безопасности, но и рост производительности. Например, на одном из предприятий, где была реализована СКУД, время, затрачиваемое на управление доступом, уменьшилось на 30 %. Это освобождённое время позволило сотрудникам сосредоточиться на более приоритетных задачах.

С учетом быстрого прогресса технологий, таких как Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (AI), будущее систем контроля и управления доступом (СКУД) выглядит весьма многообещающим. Предполагается, что интеграция IoT позволит создать более умные системы контроля доступа, которые смогут адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям безопасности [3].

Современные технологии, включая блокчейн, могут значительно улучшить безопасность СКУД. Применение блокчейна для хранения данных о доступе обеспечит дополнительный уровень защиты и повысит прозрачность процессов [4].

С учетом изменений в законодательстве и новых стандартов безопасности, внедрение современных систем контроля доступа становится не только целесообразным, но и необходимым для поддержания конкурентоспособности

компаний. Ожидается, что организации, активно внедряющие СКУД, получат значительное преимущество на рынке [5].

Внедрение систем контроля и управления доступом является важным шагом в направлении автоматизации промышленных процессов. СКУД не только повышает уровень безопасности, но и способствует оптимизации работы предприятий. Учитывая перспективы развития технологий, можно ожидать, что роль СКУД в автоматизации будет только возрастать. Интеграция современных систем контроля и управления доступом (СКУД) с технологиями Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI) способствует значительному увеличению уровня безопасности и эффективности производственных процессов на промышленных предприятиях, сокращая время простоя и несанкционированного доступа, а также оптимизируя распределение ресурсов. Необходимость дальнейших исследований в этой области позволит глубже понять комплексное влияние СКУД на эффективность работы предприятий.

Список литературы

- 1 Иванов, И. И. Автоматизация технологических процессов : теория и практика / И. И. Иванов. – М. : Издательство «Наука», 2020. – 224 с.
- 2 Петров, П. П. Системы контроля и управления доступом : современные технологии и решения / П. П. Петров. – СПб. : Издательство «Питер», 2021. – 217 с.
- 3 Сидоров, С. С. Интеграция автоматизированных систем на промышленном предприятии / С. С. Сидоров. – Екатеринбург : Издательство «Урал», 2019. – 180 с.
- 4 Трофимов, А. Ю. Инновационные подходы к автоматизации производственных процессов / А. Ю. Трофимов. – М. : Издательство «Экономика», 2021. – 220 с.
- 5 Баранов, В. Н. Безопасность на производстве : системы контроля доступа / В. Н. Баранов. – М. : Издательство «Техносфера», 2020. – 150 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ САД-СИСТЕМ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

**Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор,
Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Калинина И.С., канд. техн. наук,
Припадчева Д.А.**

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

Среди всех существующих систем наиболее востребованными и легко адаптируемыми для использования в образовательном процессе, в частности при создании курсовых проектов по техническим дисциплинам, являются системы автоматизированного проектирования (САПР). Эти системы созданы, прежде всего, для того, чтобы упростить и ускорить процесс разработки проектов и создания технической документации. Это современные комплексные программы для проектирования, предоставляющие возможность разработки как двухмерных, так и трёхмерных моделей деталей и сборок. Используя в качестве образца данные модели, стало возможным разработать полный комплект технической документации, включая чертежи, спецификации, ведомости и другие документы. В современном мире существует множество специализированных программ для компьютерного моделирования геометрических объектов. Среди них можно выделить несколько наиболее часто используемых: КОМПАС-3D, SolidWorks, AutoCAD, T-FLEX, SolidEdge, NX и др. В начале 80-х годов, когда персональные компьютеры стали массово распространяться, появились программы, которые сделали процесс черчения более удобным для пользователей. Теперь вместо кульманов можно было использовать мониторы, рисунок 1.

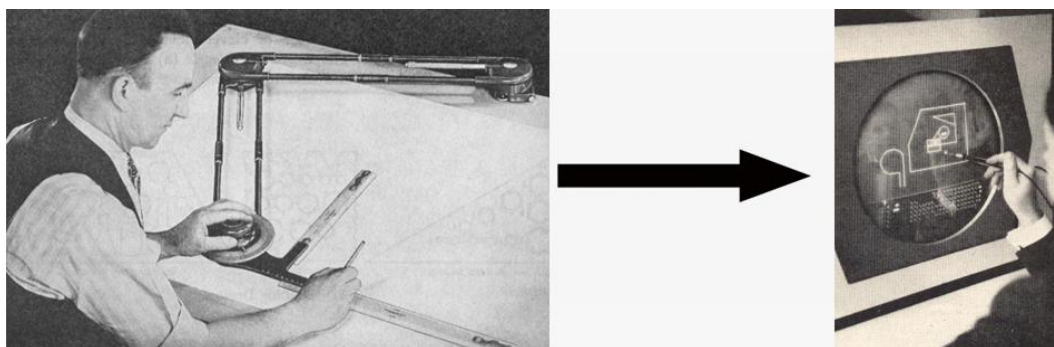


Рисунок 1 – Процесс черчения с кульманов на мониторы

Трёхмерные модели, созданные с помощью специализированных программ, становятся ключевым инструментом в процессе проектирования и разработки новых технологических решений и продуктов [2]. Разработка и применение геометрических моделей компонентов и узлов существенно оптимизирует и облегчает процесс автоматизации проектирования и технологической под-

готовки производства. Задача разработки компьютерных геометрических моделей – создать виртуальную копию изделия, которая будет максимально точно имитировать все стадии его жизненного цикла. Применение систем автоматизированного проектирования (САПР) даёт возможность детально проработать конструкцию изделия, проверить соответствие габаритных, установочных и присоединительных размеров, а также оптимизировать конструкцию и процесс сборки.

В ходе учебного процесса компьютерное геометрическое моделирование применяется для освоения прикладных программ. Это позволяет рассматривать его как объект изучения. Однако, при грамотном внедрении подсистем САПР, включая упомянутые выше САД-системы, для обучения студентов проявляется дополнительный обучающий эффект от использования компьютерного моделирования. Этот эффект необходимо развивать и целенаправленно использовать для развития профессиональных навыков.

В качестве иллюстрации того, как системы геометрического моделирования могут способствовать обучению в рамках учебного процесса, можно привести курсовой проект. Его цель – упорядочить, обобщить и закрепить теоретические знания, практические навыки и профессиональные компетенции, которые позволят выпускнику успешно справляться с профессиональными задачами. Для того чтобы продемонстрировать, как современные системы моделирования (САД-системы) используются в учебном процессе, мы рассмотрим примеры их применения при выполнении курсового проекта в рамках программ бакалавриата по направлениям «Ракетные комплексы и космонавтика» и «Авиастроение» Оренбургского государственного университета. Разработке технологического процесса изготовления крыла посвящен курсовой проект, в котором осуществлена разработка модели панели крыла летательного аппарата, по заданным техническим и технологическим требованиям. С целью точного определения положения крыла в пространстве и отладки его взаимодействия с компонентами приводов станка, была разработана трёхмерная модель в программе Компас-3D (рисунок 2).

Для исследования процесса распределения нагрузок, действующих на крыло, была проведена симуляция в программе Kompas APM FEM.

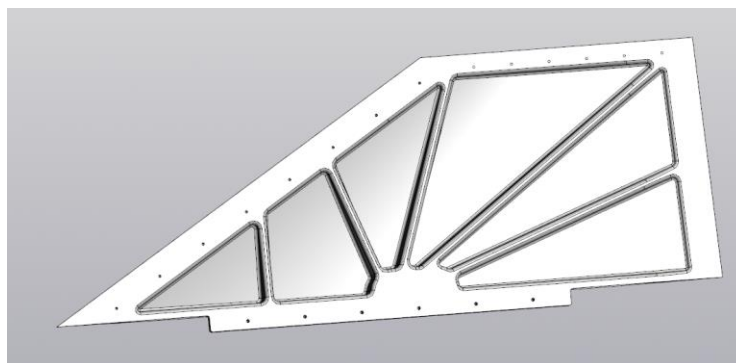


Рисунок 2 – 3D-модель крыла

Предварительный расчет напряжений был выполнен в программе Mathcad, рисунок 3.

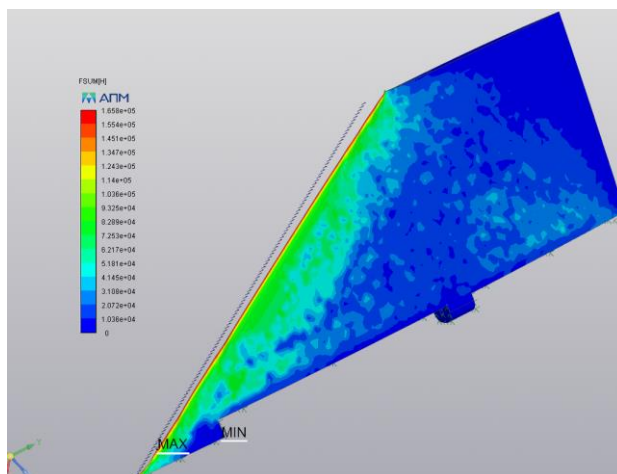


Рисунок 3 – Распределение аэродинамической нагрузки по кромке крыла

Таким образом, применение CAD\CAE систем в процессе курсового проектирования позволяет значительно уменьшить временные затраты студентов, как , направленные на механическую, а не аналитическую работу. Использование современных инструментов инженера-проектировщика обеспечивает расширение знаний и умений по своей специальности, что дает увеличение конкурентоспособности соискателя на рынке труда.

Список литературы

1 Иванов, В.Е. Особенности использования электронных учебных изданий / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, С.А. Никитина, А.А. Покровский // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – Воронеж. – 2015. – № 3 (16).

2 Иванов, В.Е. Применение программного продукта MATHCAD в образовательном процессе / В.Е. Иванов, В.П. Зарубин, С.А. Никитина, П.В. Пучков // Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы Международной научно-практической конференции. – Елец, 2014. – С. 25-29.

3 Киселев, В.В. Применение интерактивных форм обучения для развития профессионально-деловых качеств курсантов / В.В. Киселев, В.Е. Иванов, И.А. Легкова // Новейшие достижения в науке и образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2016. – С. 133-135.

4 Никитина, С.А. Применение инновационных технологий для развития познавательной способности обучающихся / С.А. Никитина, А.А. Покровский, В.Е. Иванов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – Воронеж. – 2015. – Т. 1. – № 1 (6). – С. 161-164.

5 Покровский, А.А. Опыт применения компьютерных технологий при выполнении курсового проектирования по дисциплине «Детали машин» / А.А. Покровский, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, С.А. Никитина // Современные тенденции в науке, технике, образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. – Смоленск, 2016. – С. 87-89.

6 Покровский, А.А. Реализация информационных технологий в курсовом проектировании / А.А. Покровский, В.Е. Иванов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – Воронеж. – 2015. – Т. 2. – № 1 (6). – С. 258-260.

ПРОЕКТ СХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Симутов Д.А.

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

Схват промышленного робота – устройство, предназначенное для захватывания и удержания объекта посредством относительного перемещения частей данного устройства [1]. Конструкция схвата напоминает человеческую кисть. Захват объекта производится с помощью подвижных элементов, именуемых «пальцы».

Схваты, по способу удержания, подразделяются на следующие [2]:

- схватывающие;
- поддерживающие;
- удерживающие.

Схватывающими можно назвать механические захваты и устройства с эластичными рабочими камерами, в которые нагнетается сжатый воздух или рабочая жидкость. Особенность поддерживающих схватов в том, что сам объект не зажимают, а применяют для его удерживания нижнюю поверхность, выступающие части объекта или имеющиеся в нём отверстия. В удерживающих на объекты оказывают силовое воздействие за счёт различных физических эффектов.

Схваты можно условно разделить на три основных типа [3, 4]:

- электромеханические;
- вакуумные;
- магнитные.

Первый тип обычно обладает двумя и более пальцами и применяется для перемещения заготовок для обработки на станках с ЧПУ. Второй тип существует как с подачей воздуха, так и без него. Используется для тонких и хрупких изделий из картона, стекла или полиэтилена. Подходит для погрузочно-разгрузочных работ. В третьем типе применяются постоянные электромагниты. Они подходят для работы с черными металлами, но нуждаются в специальном устройстве для отсоединения от магнита.

В рамках направления подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (профиль «Технология автоматизированного машиностроения») в настоящее время ведется разработка конструкции схвата для детали «Корпус привода» (рисунок 1).

Несмотря на цилиндрические участки детали «Корпус привода», её захват необходимо производить за бобышки. Это связано с тем, что цилиндрическая поверхность детали усеяна различными выступами, а это в свою очередь приведёт к увеличению габаритов и соответственно массы всей конструкции схвата. Так как захват необходимо осуществлять за бобышки, то необходимо в разрабатываемой конструкции устройства реализовать параллельное схождение «пальцев».

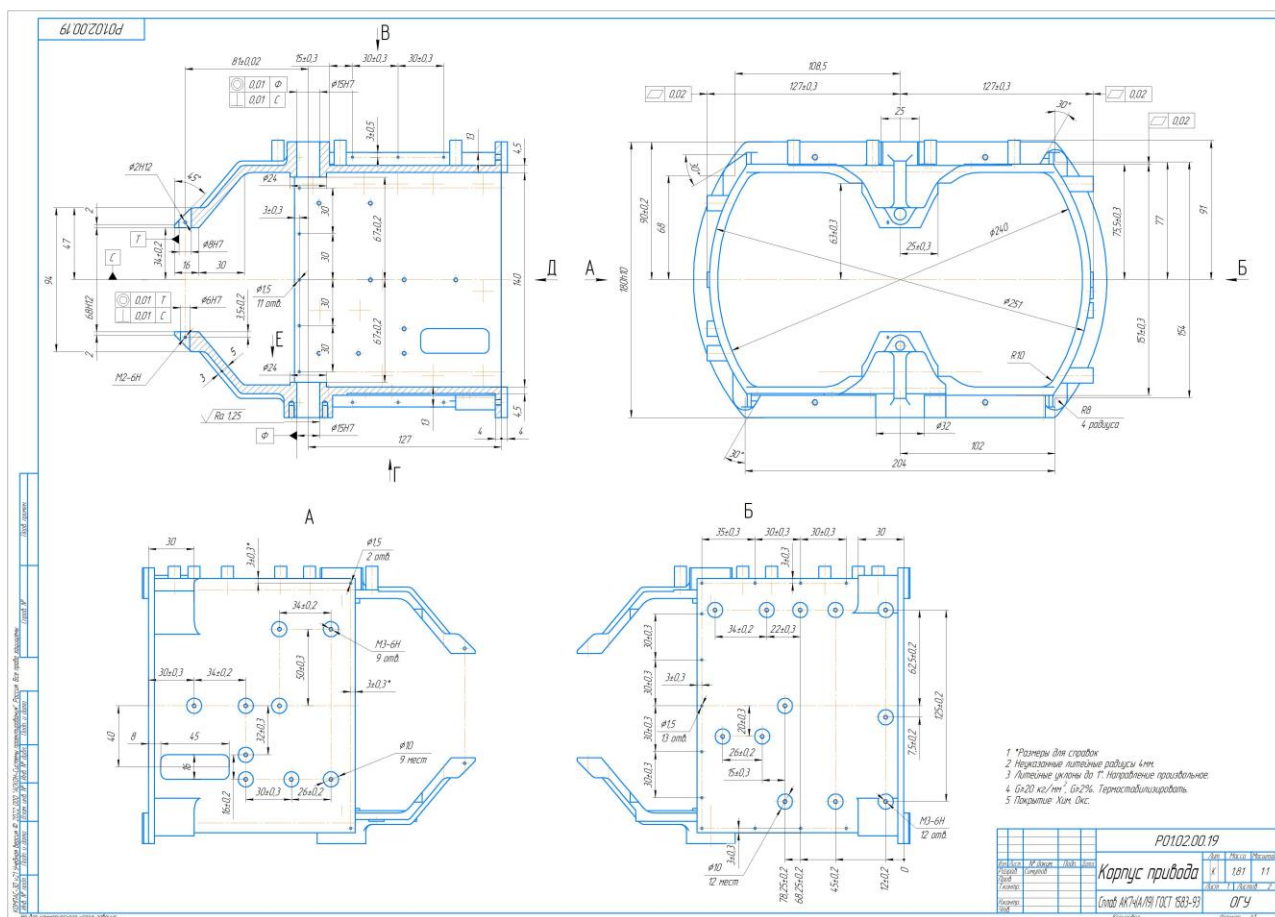
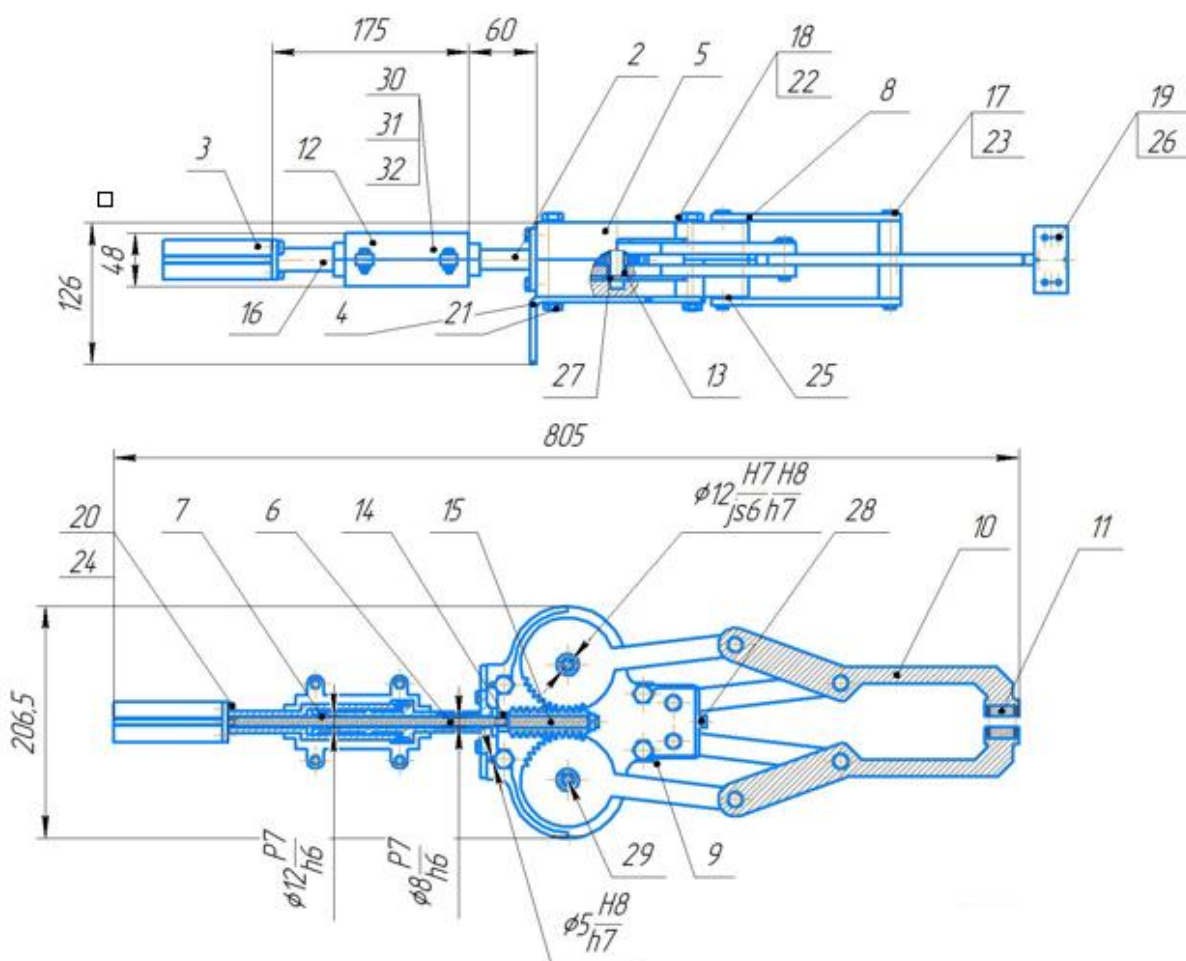


Рисунок 1 – Чертёж детали «Корпус привода»

Привод схвата выбран по принципу: простоты и надежности. При всех преимуществах гидравлических цилиндров, они имеют следующие недостатки: подтеки и необходимость в дополнительном оборудовании. В то же время электрический привод может быть подвергнут нежелательному воздействию на него (например: для исключения попадания СОЖ, пришлось бы разрабатывать защитный короб, что непосредственно бы усложнило доступ к приводу). В результате в качестве привода схвата был выбран пневматический цилиндр. Ему не страшны подтеки, в случае незначительной утечки вместо масла будет выходить воздух (что чаще всего из-за шума на предприятиях будет незаметно), а также он не требует защитного короба (следовательно, к нему имеется постоянный доступ и его проще устанавливать). Для его стабильной работы необходим компрессор, который используется на большинстве производствах и нет необходимости приобретать специальное оборудование для пневмосистемы.

Деталь «Корпус привода», переносимая разработанной конструкцией схвата, имеет одну особенность, а именно большой размер, при малой массе. Это обусловлено материалом АК7ч(АЛ9) ГОСТ 1583-93 и большим полым пространством. Следовательно, большие, тяжелые и мощные манипуляторы использовать не целесообразно, если с размером схвата мы поделаться ничем не можем. В результате основной целью разработки схвата явилось снижение его массы и мощности привода. Для этого были заменены материалы на более лёг-

кие и уменьшены толщины стенок элементов конструкции схвата. На рисунке 2 представлен сборочный чертёж схвата.



2 – корпус направляющей; 3 – пневмоцилиндр; 4 – кронштейн; 5 – корпус схвата (2 шт.); 6 – шток; 7 – втулка (2 шт.); 8 – рычаг (4 шт.); 9 – рычаг-шестерня (4 шт.); 10 – лапа (2 шт.); 11 – пластик (2 шт.); 12 – корпус сжатия (2 шт.); 13 – втулка ступенчатая (2 шт.); 14 – переходник; 15 – рейка; 16 – корпус штока; 17-32 – крепежные элементы.

Рисунок 2 – Сборочный чертёж схвата

Рычаг-шестерня в тандеме с рычагом обеспечивает параллельное схождение лап, наличие каждого из этих элементов в количестве 4 штук объясняется стремлением снизить массу схвата. К каждой лапе прикручен пластик, такое решение было вызвано расширением функциональности схвата, данные пластики можно легко заменить в случае износа или необходимости в ином материале «сменных губок». Между рычаг-шестернями находится втулка, чтобы выдерживать нужное расстояние между ними. Втулки и рычаг-шестерни удерживаются с помощью штифтов. В движение их приводит рейка, которая надевается на переходник, всё это фиксируется корпусом. Корпус представляет из себя две идентичных детали скрепленных между собой с помощью винтов гаек и штифтов. Шток проходит через корпус направляющей, соединенный с основным корпусом схвата 4 винтами и корпусом штока. Вместе их удерживает корпус

сжатия. Он представляет из себя 2 идентичные половины, соединенные вместе с помощью винтов и гаек. К концу корпуса штока крепится пневмоцилиндр. Шток соединен с пневмоцилиндром и переходником. К основному корпусу крепится кронштейн. Конструкция кронштейна может быть изменена на любую подходящую для соединения с роботом манипулятором. На рисунке 3 представлена 3D-модель разработанного схвата с зафиксированной деталью «Корпус».

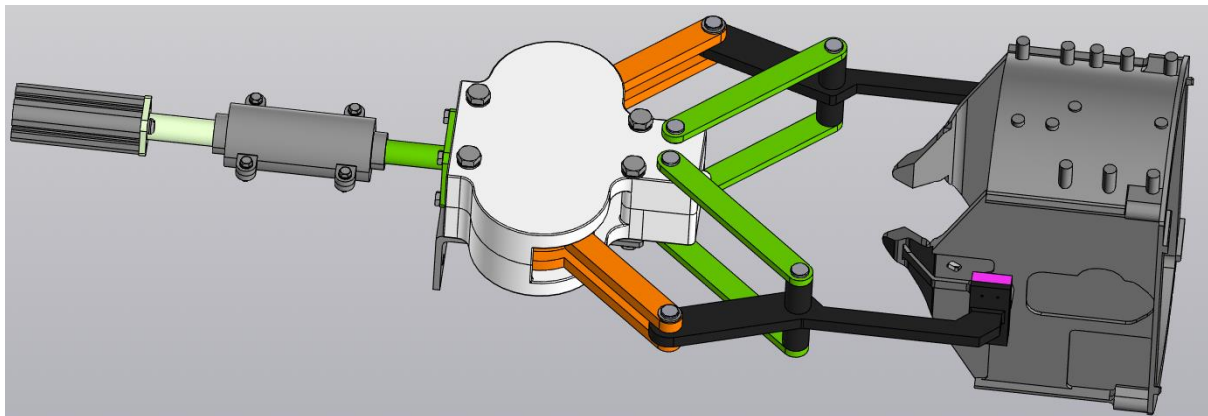


Рисунок 3 – 3D-модель схвата с зафиксированной деталью

При проектировании схвата манипулятора была уменьшена масса изделия, относительно предыдущих прототипов. Если раньше масса только корпуса без деталей, которые находятся слева от белого корпуса изображенные на рисунке 3, составляла более 16 кг, то сейчас масса полностью собранного изделия составляет 15,17 кг. В данной конструкции предусмотрена замена таких деталей как пластик и кронштейн, это позволяет использовать данный схват манипулятора для разных роботов и работать с различными видами заготовок. Так же предусмотрена замена пневмоцилиндра на более мощный, для чего необходимо изготовить переходник.

Список литературы

1 Авцынов, И.А. Основы роботизации, гибких производственных систем, организационно-технологического управления и транспортно-складских систем: монография / И.А. Авцынов, В.К. Битюков. – Воронеж: Воронежская гос. технол. академия, 2009. – 94 с.

2 Староверов, А.Г. Основы автоматизации производства: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/14513686/page:93>. – Загл. с экрана. – Проверено 09.01.2025.

3 Схваты (захваты) робота манипулятора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kobotek.ru/what-shvat>. – Загл. с экрана. – Проверено 09.01.2025.

4 Попов, Л.М. Схваты промышленных роботов: учебное пособие / Л.М. Попов. — Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 39 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАТОЛОГИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

**Махметова К.М., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Внедрение искусственного интеллекта в систему здравоохранения, в частности методов глубокого обучения, представляет собой значительный прорыв в области диагностики заболеваний. Выявление патологий с использованием методов медицинской визуализации (компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, рентгенография и др.) является важным элементом современной медицины. Раннее и точное выявление нарушений является основным фактором для улучшения исходов лечения пациентов, так как позволяет своевременно проводить вмешательства и разрабатывать персонализированные стратегии лечения.

Традиционный «ручной» анализ данных визуализации на предмет выявления отклонений является трудоемким процессом и часто подвержен риску ошибок, связанных с человеческим фактором. Модели глубокого обучения демонстрируют высокий потенциал в автоматизации данного процесса, обеспечивая:

- повышение точности диагностики;
- сокращение времени на принятие решения;
- повышение качества клинических результатов.

В последние годы алгоритмы глубокого обучения показали значительное превосходство над традиционными методами обработки изображений по таким показателям, как чувствительность и специфичность. Сверточные нейронные сети особенно зарекомендовали себя как основа для задач обнаружения и классификации, благодаря своей способности автоматически извлекать пространственные иерархии из данных, что позволяет выявлять паттерны на медицинских изображениях, которые могут быть не очевидны для человеческого глаза. Другие архитектуры нейронных сетей, такие как рекуррентные нейронные сети, сети с долгосрочной и краткосрочной памятью и гибридные модели, объединяющие различные структуры нейронных сетей, также обладают высокими возможностями при решении сложных задач медицинской визуализации, особенно когда необходимо учитывать последовательные данные и временные зависимости в изображениях [1].

Растущее количество исследований, посвященных применению глубокого обучения, привело к разработке различных моделей, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Несмотря на то, что сверточные нейронные сети стали стандартом для решения задач классификации изображений, разли-

чия в архитектуре моделей, методах их обучения и качестве исходных наборов данных приводят к различным результатам, что подчеркивает необходимость проведения всестороннего сравнительного анализа моделей глубокого обучения.

В рамках данного исследования была применена методология, состоящая из этапов, представленных на рисунке 1.

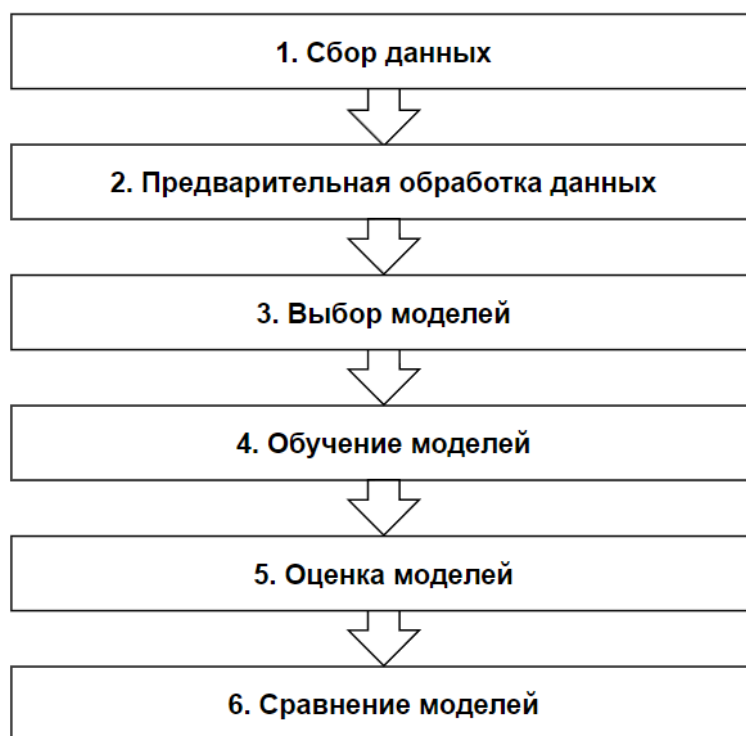


Рисунок 1 – Этапы методологии исследования моделей глубокого обучения

Начальным этапом любого проекта, связанного с глубоким обучением, является формирование набора данных, предназначенного для обучения и последующей оценки модели. В рассматриваемой задаче медицинские изображения, как правило, формируются на основе данных, предоставляемых лечебными учреждениями, научно-исследовательскими организациями или из открытых специализированных баз данных. Для данного исследования использовался набор данных LIDC-IDRI из социальной сети специалистов по обработке данных и машинному обучению Kaggle [2].

LIDC-IDRI – обширная коллекция медицинских изображений, предназначенная для исследований в области выявления и анализа заболевания легких. Содержит данные компьютерных томографий грудной клетки 1012 пациентов, где каждый скан аннотирован четырьмя экспертами-рентгенологами с указанием местоположения, размеров и характеристик узлов, включая злокачественные и доброкачественные образования. В основном используется для задач сегментации, обнаружения легочных узлов, оценки злокачественности и разработки

систем поддержки принятия врачебных решений на основе глубокого обучения. Пример изображения приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Изображение компьютерной томографии легких

Предварительная обработка данных является важным этапом подготовки данных для обучения модели. Медицинские изображения часто содержат шум, нерелевантную информацию или вариации, которые необходимо корректно обработать. Для этого применяется:

- масштабирование изображений до единого размера;
- нормализация интенсивностей пикселей;
- аугментация данных (вращение, отражение, масштабирование) для повышения обобщающей способности моделей;
- сегментационные маски для точного обучения в задачах сегментации.

Для проведения сравнительного анализа выбраны следующие модели глубокого обучения:

1 ResNet-50 – архитектура сверточной нейронной сети, разработанная для решения проблем деградации градиента в глубоких сетях за счет использования остаточных связей, обеспечивая прямые пути для передачи информации. Архитектура отличается высокой точностью и сравнительно небольшой вычислительной сложностью;

2 VGG-16 – архитектура классической сверточной нейронной сети, известная своей простотой и эффективностью, основанной на последовательности сверточных слоев с малыми фильтрами (3×3) и максимальным пуллингом. Широко применяется для задач классификации и извлечения признаков, однако требует значительных вычислительных ресурсов;

3 DenseNet-121 – архитектура сверточной нейронной сети, основанная на принципе плотных соединений между слоями, что означает, что каждый слой получает входные данные от всех предыдущих слоев, а это, в свою очередь, позволяет модели эффективно использовать информацию, улучшать обратное распространение ошибок и значительно уменьшать количество параметров по сравнению с традиционными архитектурами [3].

Для рассматриваемого набора данных перед моделями ставится задача бинарной классификации (имеется отклонение от нормы или не имеется). Каждая модель была обучена на соответствующем наборе данных со следующими параметрами:

- размер батча: 50;
- количество эпох: 20;
- оптимизатор: оптимизатор Адама с коэффициентом обучения 0,001;
- функция потерь: бинарная перекрестная энтропия.

Для оценки производительности модели нейронной сети использовались следующие показатели: точность, прецизионность, полнота и F1-мера [4]. Для расчета метрик используются следующие 4 числовые характеристики:

1) TP – количество объектов, которые на самом деле принадлежат классу и были правильно предсказаны как принадлежащие к этому классу;

2) TN – количество объектов, которые на самом деле не принадлежат классу и были правильно предсказаны как не принадлежащие к этому классу;

3) FP – количество объектов, которые на самом деле не принадлежат классу, но были ошибочно предсказаны как принадлежащие к этому классу;

4) FN – количество объектов, которые на самом деле принадлежат классу, но были ошибочно предсказаны как не принадлежащие к этому классу.

Точность (Ассигасу) – это одна из основных метрик для оценки производительности модели классификации. Она показывает долю правильно классифицированных объектов от общего числа объектов в тестовом наборе данных. Вычисляется по формуле

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}. \quad (1)$$

Прецизионность – это доля правильных положительных прогнозов среди всех объектов, предсказанных как положительные. Вычисляется по формуле

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}. \quad (2)$$

Полнота – это доля правильных положительных прогнозов среди всех объектов, которые действительно являются положительными. Вычисляется по формуле

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}. \quad (3)$$

F1-мера – это гармоническое среднее между Precision и Recall, которое учитывает оба этих показателя и дает более точную оценку для несбалансированных классов. Вычисляется по формуле

$$F1\ score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}. \quad (4)$$

Результаты работы моделей на рассматриваемом наборе данных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели производительности классификации наличия или отсутствия отклонений

№ п/п	Модель	Точность, (%)	Прецизионность, (%)	Полнота, (%)	F1-мера, (%)
1	ResNet-50	90,98	88,45	91,21	89,81
2	VGG-16	87,54	81,02	90,13	85,33
3	DenseNet-121	93,79	87,09	94,35	90,58

Для наглядности результаты расчетов показателей представлены графически в виде гистограммы (рисунок 3).

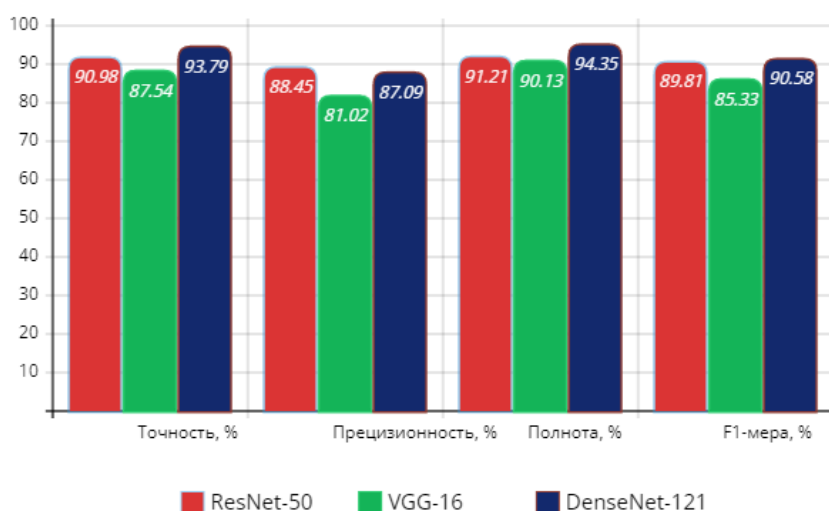


Рисунок 3 – Гистограмма показателей производительности для рассматриваемых моделей глубокого обучения

В таблице 2 приведены временные затраты на получение результата для каждой из моделей глубокого обучения. Время также является важным показателем эффективности, особенно при необходимости быстрого принятия решений в реальном времени.

Таблица 2 – Время вывода результата классификации

п/п	Модель	Время вывода результата, сек.
	ResNet-50	0,89
	VGG-16	1,06
	DenseNet-121	1,35

При сравнении моделей глубокого обучения также нельзя упускать и другие важные аспекты. В таблице 3 приведены особенности, которые могут быть важны при выборе модели.

Таблица 3 – Сравнительный анализ особенностей моделей глубокого обучения

№ п/п	Модель	Глубина модели и способность к обучению	Вычислительная эффективность	Стабильность и общее поведение модели
1	ResNet-50	50 слоев. Использует остаточные блоки, что позволяет эффективно обучать очень глубокие сети, предотвращая затухание градиентов.	Средняя. Использует меньше параметров по сравнению с VGG-16, но требует больше вычислений, чем DenseNet-121 из-за сложности остаточных блоков.	Высокая стабильность за счет наличия остаточных блоков в архитектуре. Хорошо подходит для сложных задач. Меньше склонна к переобучению.
2	VGG-16	16 слоев. Прямолинейная архитектура, без остаточных связей. Обучаемость ограничена глубиной, склонна к затуханию градиентов.	Низкая. Большое количество параметров (около 138 млн), что делает сеть ресурсоемкой.	Модель простая и интуитивно понятная, но подвержена переобучению и требует больших объемов данных для качественной работы.
3	DenseNet-121	121 слой. Использует плотные соединения, которые передают информацию между всеми слоями, что улучшает обучаемость.	Высокая. Благодаря плотным связям достигается максимальная повторная использование признаков, что снижает объем вычислений при высоком качестве.	Очень стабильна благодаря плотным связям. Часто показывает лучшее качество при меньшем числе параметров и данных.

Таким образом, была исследована работа трех различных архитектур сверточных нейронных сетей в задаче обнаружения патологий на изображениях легких. Использование глубокого обучения для анализа медицинских изображений представляет собой перспективный подход, использование которого направлено на повышение эффективности диагностики заболеваний [5]. В будущем разработанные системы на основе глубокого обучения могут стать основным инструментом в медицинской практике, предоставляя врачам мощные средства для поддержки принятия решений.

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

- модель VGG-16 имеет несколько более низкие показатели, чем ResNet-50 и DenseNet-121 и более склонна к ложным срабатываниям;
- модель DenseNet-121 показала наилучшие результаты по метрикам производительности и является самой сбалансированной моделью среди трех рассматриваемых;
- модель ResNet-50 является самой быстрой моделью среди представленных, что объясняется оптимизированной архитектурой ResNet, которая использует остаточные связи для эффективного обучения глубоких сетей, это способствует уменьшению вычислительной нагрузки при выводе.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на модификацию существующих архитектур нейронных сетей с целью повышения точности классификации и скорости работы моделей. Особое внимание следует уделить вопросам интерпретируемости решений моделей, что важно для их применения в медицинской практике, а также оценке их надежности в различных клинических сценариях.

Список литературы

1 Шубкин, Е. О. Обзор методов сегментации медицинских изображений / Е. О. Шубкин // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 22-26 марта 2021 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2021. – С. 90-91.

2 Wei Zhang LIDC-IDRI / Wei Zhang [Электронный ресурс] // Kaggle : [сайт]. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/zhangweiled/lidcidri> (дата обращения: 25.11.2024).

3 Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer. – P. 234–241.

4 Ермоленко, Т. В. Анализ эффективности архитектур глубоких нейросетей для классификации изображений товаров / Т. В. Ермоленко, И. Е. Самородский // Проблемы искусственного интеллекта. – 2022. – № 1. – С. 53-63.

5 Сеничев, А. В. Сравнение глубокого обучения с традиционными методами компьютерного зрения в задачах идентификации дефектов / А. В. Сеничев, А. И. Новикова, П. В. Васильев // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 4. – С. 64-67.

РОЛЬ СПЕЦИАЛИСТОВ САПР В ПОСТАНОВКЕ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО

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

Специалисты в области разработки систем автоматизированного проектирования (САПР) играют ключевую роль в процессе постановки продукции на производство. В обязанности данных специалистов входит создание и внедрение приложений, которые позволяют проектировать трехмерные модели изделий с использованием параметрического моделирования, разрабатывать технологические процессы, выполнять инженерные расчеты, управлять проектной документацией. Это дает возможность быстро вносить изменения в проект и автоматически обновлять все связанные данные, что сокращает время на доработки и минимизирует вероятность ошибок.

Основным направлением работы специалистов является разработка и внедрение программных модулей для CAD-систем, которые предоставляют мощные инструменты для проектирования. Эти системы облегчают создание точных трехмерных моделей продукции, а также позволяют визуализировать и детализировать проект на этапе его разработки. Специалисты САПР используют различные алгоритмы и методы, обеспечивая процесс автоматизированного создания элементов изделия, что сильно сокращает время, необходимое для проектирования. При изменении параметров модели, разработанный программный модуль может автоматически обновлять все связанные компоненты и документы, минимизируя тем самым риск ошибок [1].

Далее, специалисты САПР интегрируют CAD-системы с другими системами, чаще всего с системами по управлению жизненным циклом продукта, что представляет собой инструмент для организации работы над проектом на всех его стадиях. Внедрение PLM-системы (от англ. Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия) позволяет создать единый источник информации о продукте, управлять его данными, контролировать все изменения и взаимодействие участников проекта. Благодаря этому проектная команда получает доступ к актуальной информации в любой момент времени. Специалисты в области САПР разрабатывают интерфейсы и алгоритмы, которые позволяют обеспечивать непрерывный поток данных между проектированием и производственными процессами. Это значит, что информация о проекте всегда актуальна и всё производство может работать с последними изменениями.

При проектировании часто необходимо учитывать требования к производственным процессам, и здесь также проявляется ценность специалистов САПР. Они способствуют активному использованию стандартных элементов и каталогов готовых решений, что позволяет ускорить проектирование новых из-

делий. Создание библиотек типовых решений и компонентов позволяет инженерам не тратить время на разработку с нуля, а фокусироваться на специфичных аспектах проекта.

Автоматизация управления проектной документацией является важной областью, в которой специалисты САПР вносят значительный вклад. Создание и обновление чертежей и спецификаций – это часто трудоемкий и склонный к ошибкам процесс. Разработанные ими инструменты автоматизируют эти задачи, что позволяет сэкономить время и уменьшить риски, связанные с человеческим фактором. Например, вся информация, необходимая для создания производственной документации, автоматически может подгружаться из проектных данных, что гарантирует ее актуальность и точность.

Также имеет место быть автоматизация проведения виртуальных испытаний и анализа рабочих процессов, что позволяет выявить потенциальные ошибки или недостатки на ранних стадиях проектирования. Разработанные программные модули для симуляции могут отслеживать, как изделие будет вести себя при различных условиях, позволять проводить анализ прочности, испытания на совместимость и другие важные оценки. Данные модули, в большинстве CAD-систем уже внедрены в качестве подключаемых библиотек, но имеется возможность доработать их под нужды конкретного производства. Это не только сокращает время и затраты на доработку изделия после его производства, но и улучшает его качество и надежность, поскольку проблемы выявляются до начала серийного производства.

При рассмотрении современного состояния производства можно отметить, что роль специалистов САПР в автоматизации не ограничивается лишь техническими аспектами. Они становятся связующим звеном между различными отделами и участниками процесса разработки изделия, обеспечивая взаимодействие и передачу знаний. Благодаря их усилиям формируется единое информационное пространство, где каждый участник может получить не только доступ к проектным данным, но и знания, которые помогут улучшить проект или процесс.

Рассмотрим одну из вариантов автоматизации, при котором будет выполняться автоматизированное проектирование изделий в CAD-системе и последующая интеграция документации в PLM-систему [2].

Перед началом написания любого программного кода для приложения, необходимо продумать, что будет представлять из себя система. Для этого используются функциональные модели UML и нотации IDEF0 и IDEF3. В данном случае рассмотрим алгоритм действия программы на функциональной UML-диаграмме деятельности. Данная модель представлена на рисунке 1.

На данной модели видно, что разрабатываемый программный модуль проходит несколько этапов: ввод данных в приложение, проектирование изделий и создание конструкторской документации, формирование проекта изделия и запуск процесса бизнес-логики.

Упомянув о модели UML-деятельности, необходимо также и рассказать о значимости другой модели – UML-диаграмме последовательности, которая

Рисунок 1 – Функциональная модель UML-деятельности



Из модели видно, как происходит процесс создания изделия, проекта изделия и запуск бизнес-логики в ручном режиме и при помощи модуля автоматизации. В ручном режиме, на конструктора ложится большая часть нагрузки, он некоторое время разрабатывает КД на изделие в САД-системе, после создания всей документации формирует проект изделия в PLM-системе, а уже после формирования запускает процесс бизнес-логики. В предложенном программном модуле, предоставляется возможность задания первоначальных данных, по которым будет происходить автоматическое проектирование изделия в САД-системе, автоматическое формирование и создание проекта изделия уже в PLM-системе и автоматизированный процесс запуска бизнес-логики. Исходя из диаграммы, можно увидеть, что после запуска бизнес-логики следует ручное согласование проекта изделия. От ручного режима проверки КД сложно избавиться, а точнее автоматизировать согласование документации, так как помимо правильности составленной КД, требуется проверка на многие другие факторы, которые трудно предусмотреть в процессе написания программного модуля.

После алгоритмизации процесса создания программного модуля, следует процесс написания программного кода. Для разработки потребуется несколько оконных форм.

Первая форма необходима для введения данных об изделии, представлена на рисунке 3.

Рисунок 3 – Оконная форма для задания данных об изделии

В данной форме пользователь вводит начальные данные об изделии, для того, чтобы приложение рассчитало необходимые значения, после чего запускается процесс создания КД на изделие.

Вторая форма необходима для введения данных по проекту изделия для его дальнейшего формирования. Данная форма представлена на рисунке 4. Пользователю предстоит ввести название проекта и изменить какой-либо из параметров, если он был считан с КД неверно.

После создания проекта изделия следует процесс запуска бизнес-логики (согласование КД) при котором согласующие лица будут выбраны в

соответствии с тем, как это было сформировано в КД, при автоматизированном создании изделий в САД-системе, но при этом будет иметься возможность внести к уже имеющимся лицам другие (например, материаловед или начальник сварки, которые будут проверять изделие по своей части, но в конечном подписании не участвуют).

САПР управления данными об изделии

Путь к файлу: C:\Work\Сборки\Сборка корпуса с поршнем\4_Корпус.м3d Загрузить сборку(деталь)

Выбор сотрудника

Фамилия И.О.	Подразделение	Должность
Алексеева Д.М.	АП Сервис	Проектировщик
Каримов И.А.	ПАО "АвтоВАЗ"	Проектировщик
Матвеева С.М.	Стрела-Оренбург	Инженер-технолог
Свиридова Д.Я.	Стрела-Оренбург	Ведущий инженер-технолог
Соколов З.Т.	АП Сервис	Технолог

Выбор сотрудника

Выбранный сотрудник:

Фамилия: Каримов И.А.

Подразделение: ПАО "АвтоВАЗ"

Должность: Проектировщик

Добавить

Изменить

Удалить

Введите название объекта

АБВГ.000001.005

Применить название

Подсказка!

Следующий шаг! Введите название проекта или загрузите следующий файл!

Сборка.м3d	Объект: АБВГ.000001.001	Разработал: Матвеева С.М.	Подразделение: Стрела-Оренбург
1_Винт.м3d	Объект: АБВГ.000001.002	Разработал: Алексеева Д.М.	Подразделение: АП Сервис
2_Поршень.м3d	Объект: АБВГ.000001.003	Разработал: Свиридова Д.Я.	Подразделение: Стрела-Оренбург
3_Крышка.м3d	Объект: АБВГ.000001.004	Разработал: Соколов З.Т.	Подразделение: АП Сервис
4_Корпус.м3d	Объект: АБВГ.000001.005	Разработал: Каримов И.А.	Подразделение: ПАО "АвтоВАЗ"

Введите название проекта: Минидвигатель

Создать проект

Рисунок 4 – Оконная форма для формирования проекта изделия

Таким образом, разработчики в области САПР, используя возможности различных систем, значительно трансформируют производственные процессы. Их работа направлена на создание более эффективных, быстрых и качественных решений. Применение новейших технологий и методов автоматизации, разработанных специалистами, делает производство более гибким и конкурентоспособным. В будущем, с развитием технологий, роль данных специалистов будет только возрастать, что откроет новые горизонты для автоматизации и оптимизации производственных процессов, позволяя предприятиям адаптироваться к новым задачам и потребностям рынка.

Список литературы

- 1 Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 433 с.
- 2 Мостовых, Н.С. Управление данными об изделии с использованием КОМПАС-3D и ЛОЦМАН:PLM / Н.С. Мостовых, А.И. Сергеев // Школа-семинар молодых учёных и специалистов в области компьютерной интеграции

производства [Электронный ресурс]: материалы Школы-семинара; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2024, С. 343-347.

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

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

В условиях острой конкуренции на рынке производственные предприятия вынуждены незамедлительно реагировать на колебания потребительского спроса, добиваться оптимизации внутренних процессов и уменьшать расходы. Существенную помощь в достижении подобных целей оказывают технологии обработки больших объёмов данных (Big Data), дающие возможность проводить глубокий анализ показателей производства, прогнозировать изменения на рынке и принимать более обоснованные управленческие решения. Значимость этих методов особенно возрастает в ситуации, когда поток информации с цехов, от датчиков, складских помещений и прочих источников становится слишком велик для традиционных аналитических инструментов [1-4].

Одним из ключевых компонентов Big Data является инфраструктура, состоящая из таких платформ, как Apache Hadoop (включая HDFS, YARN и MapReduce) и Apache Spark [5, 6]. Технология Hadoop обеспечивает децентрализованное хранение огромных объёмов цифровых записей и их параллельную обработку, а Spark даёт возможность оперативных вычислений за счёт работы с данными непосредственно в памяти (in-memory). Вместе с этим, в промышленном секторе востребованы NoSQL-хранилища (Cassandra, MongoDB, HBase), которые хорошо подходят для хранения полуструктурированных и неструктурированных данных, а также платформы для потоковой обработки (Apache Kafka, Apache Flink). Чтобы выявлять закономерности в функционировании предприятий и корректировать управленческие решения, широко применяют классические методы статистики (регрессионный, корреляционный, дисперсионный анализы) и алгоритмы машинного обучения [7]. Среди последних выделяются контролируемые подходы (Supervised Learning) – такие, как линейная или логистическая регрессии, деревья решений, ансамблевые модели (Random Forest, Gradient Boosting) и неконтролируемые (Unsupervised Learning) – кластеризация (k-means, DBSCAN), а также метод главных компонент (PCA) [8]. Для повышения эффективности производственных линий всё чаще используют методы математического программирования (линейное, нелинейное, целочисленное), а при сложных структурах задач – эвристические или метаэвристические алгоритмы (генетические алгоритмы, рой частиц) [2].

Одной из базовых математических моделей в сфере планирования выпуска продукции является классическая постановка линейного программирования (LP). Её можно формализовать следующим образом [2, 9]:

Минимизировать (или максимизировать) $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$, при условиях $z = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,$

где x_j интерпретируются как управляемые переменные (например, объём производимой продукции), c_j отражают коэффициенты (стоимость, прибыльность или иные показатели), c_{ij} и b_i задают ресурсные ограничения и их доступные лимиты. Если возникает необходимость сохранять переменные строго целочисленными, прибегают к целочисленному линейному программированию (MILP). Решение подобных задач поддерживается специальными программными комплексами (CPLEX, Gurobi, SCIP) [10], которые эффективно справляются даже с большими по размеру постановками.

Когда поведение рынка и поставщиков подвержено неопределённости, актуальными оказываются стохастические модели и модели анализа временных рядов. Один из примеров – структуры типа ARIMA и SARIMA, использующие исторические наблюдения и случайные возмущения для прогнозирования динамики спроса [11]:

$$X_t = c + \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \dots + \epsilon_t,$$

где ϵ_t представляет собой случайную ошибку (белый шум). Также на практике применяют гибридные подходы, сочетающие традиционные статистические инструменты с методами машинного обучения (например, градиентный бустинг), что даёт возможность учитывать сложные корреляции между параметрами производства.

Существенную пользу в сфере планирования ремонтных и профилактических мероприятий могут приносить марковские процессы [2]. Пусть производственная единица (например, станок или комплекс оборудования) описывается дискретным набором состояний $S_1, S_2, \dots, S_n$. Вероятности перемещения между этими состояниями фиксируются матрицей переходов $P = \{p_{ij}\}$, где $p_{ij} = P(S_{t+1} = S_j \mid S_t = S_i)$

Такая модель предоставляет возможность выстраивать стратегии обслуживания, минимизируя простои и сокращая риск аварий. Для организации работы линий и логистических процессов часто используют теорию массового обслуживания [12]. Классическим примером выступает система M/M/1, предполагающая потоки заявок и обслуживания, подчинённые законам Пуассона. С помощью подобных моделей оценивают среднюю длину очереди, время ожидания и коэффициент использования ресурсов.

Реальные результаты внедрения методов Big Data можно наблюдать в автомобильной индустрии (Toyota, Volkswagen), где потоковая аналитика на основе данных с датчиков производства позволяет своевременно выявлять узкие места, прогнозировать износ оборудования и повышать общий уровень эффективности [1]. В авиационной отрасли (Boeing, Airbus) алгоритмы машинного обучения анализируют огромные объёмы информации о полётах и состоянии авиационной техники, что приводит к улучшению логистических процессов, повышению безопасности и сокращению эксплуатационных расходов. В пищевой промышленности статистические и машинные методы часто используют для предсказания объёмов заказов, учитывая календарные, сезонные и маркетинговые факторы, что способствует сокращению либо избытка, либо нехватки

товаров на складе. В секторе высокотехнологичной электроники (производство полупроводников) массовый анализ данных позволяет оперативно обнаруживать дефекты, уменьшая долю бракованной продукции. А в металлургии и сырьевых производствах большие данные помогают изучать параметры доменных печей, прокатных станов, температуры, химического состава и т. д., давая возможность рационально расходовать энергию и выпускать продукцию повышенного качества [2, 13].

Итак, интеграция технологий Big Data и современных подходов к математическому моделированию в сфере планирования производства открывает широкий спектр преимуществ. Применяя такие решения, предприятия могут системно собирать и анализировать крупные массивы сведений, выявлять закономерности, строить более точные прогнозы спроса и ресурсов, а также разрабатывать оптимальные управленческие стратегии. В дальнейшем представляется перспективным продолжать исследования по совершенствованию гибридных методов, которые совмещают классические статистические инструменты и глубокие нейросети, использовать обучение с подкреплением для оперативного реагирования на изменения и активнее внедрять IoT-технологии в производственную среду. Также немаловажной задачей является разработка распределённых алгоритмов оптимизации, чтобы можно было корректировать планы производства в реальном времени, особенно, если предприятия географически разбросаны.

Список литературы

- 1 Чопра, С. Управление цепями поставок. Стратегия, планирование и операции: пер. с англ. / С. Чопра, П. Майндл. – М. : Вильямс, 2016. – 544 с.
- 2 Березина, С.В. Методы и модели исследования операций / С. В. Березина, Г. Г. Парфенов. – М. : Юрайт, 2019. — 320 с.
- 3 Пищухин, А.М. Автоматизация технологических процессов на основе гибких производственных систем: учебное пособие / А.М. Пищухин. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 111 с.
- 4 Пищухин, А.М. Автоматизация на основе мультиструктурных систем / А.М. Пищухин. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2001. – 260 с.
- 5 Apache Hadoop. – Режим доступа: <https://hadoop.apache.org/> (дата обращения: 10.01.2025).
- 6 Apache Spark. – Режим доступа: <https://spark.apache.org/> (дата обращения: 10.01.2025)
- 7 Pishchukhin A.M., Akhmedyanova G.F. Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP-technologies // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems, 17-20 January 2018, Tomsk, Russia. Institute of Physics Publishing; 2018. p. 042001.
- 8 Hastie, T. The Elements of Statistical Learning : Data Mining, Inference, and Prediction / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. 2nd ed. New York : Springer, 2009. – 745 p.

- 9 Gupta, J. N. D. Production and Operations Management Systems / J. N. D. Gupta, M. K. Starr. Boca Raton : CRC Press, 2014. – 522 p.
- 10 Gurobi Optimization. – Режим доступа: <https://www.gurobi.com/> (дата обращения: 10.01.2025).
- 11 Box, G. E. P. Time Series Analysis : Forecasting and Control / G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel. Hoboken : Wiley, 2015. – 712 p.
- 12 Миркин, И. Д. Теория массового обслуживания : модели, примеры, задачи / И. Д. Миркин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 304 с.
- 13 Hopp, W. J. Factory Physics / W. J. Hopp, M. L. Spearman. 3rd ed. Long Grove : Waveland Press, 2011. – 720 p.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

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

На сегодняшний день при производстве изделий в машиностроении, требующих высокой точности, использование автоматизации неизбежно. За последние десятилетия наблюдается резкий рост компьютеризации на производстве, а также быстрое развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) в таких отраслях, как архитектура, строительство, нефтегазовая промышленность, авиастроение, автомобилестроение, машиностроение.

При изготовлении буровых установок на заводе АО «Завод бурового оборудования», которое безусловно относится к единичному производству, возникает острая необходимость в автоматизации технологической подготовки производства, а именно, в автоматизированном составлении технологических процессов (ТП) на изготовление деталей буровых установок [1]. Это связано в первую очередь с широкой номенклатурой деталей и оригинальностью буровых установок.

В связи с вышесказанным разработка методики проектирования ТП, позволяющая не только повысить качество, но и значительно сократить сроки, затрачиваемые на составление маршрутно-операционных карт и технологических процессов изготовления деталей при единичном производстве буровых установок, в частности, а также при единичном производстве в машиностроении в целом, является несомненно актуальной задачей на сегодняшний день. Вопросу по нахождению наиболее оптимальных и эффективных методов автоматизированного проектирования конструкторской и технологической документации (КД и ТД) посвящено немало исследований, в том числе и патентных.

Так, например, в патентном исследовании Зимина В.И. [2] представлена промышленная система автоматизированного проектирования технологических процессов, используемая на АО «АВТОВАЗ». Данная САПР включает в себя средства описания и автоматизации разработки программ на обработку деталей, предназначена для автоматизации подготовки информации для станков с ЧПУ, поддерживает задачи систем автоматизации проектирования конструкторских работ, а также инженерных расчетов и анализа. Система осуществляет поддержку задач комбинированного направления (CAD/CAM/CAE). Отличительной чертой промышленной САПР ТП является наличие эвристически обобщенного математико-технологического языка, как способа описания математических примитивов и технологической обработки деталей, а также применение языков описания САПР ТП как способ задания примитива языка проектирования ТП с помощью стэковых математических выражений. В систему встроены механизм вычисления стэковых математических выражений, средства вычис-

ления интегралов и производных, нелинейных уравнений, а также двусторонние средства перевода форматов выходных данных систем типа AutoCAD и MTLM VAZ.

В 2002 году Баранов А.А. запатентовал способ компьютерного проектирования конструкций и технологий изготовления многопараметрических изделий [3], основанный на разделении конструкторской базы данных предварительных значений параметров моделируемого объекта на области и выделении в каждой группе значений параметров данных, являющихся унифицированными и предназначенными для корректировки. Данный способ был применен при составлении конструкторской и технологической документации для изготовления составных частей кормоуборочного комбайна. Реализация этого метода позволила осуществить подготовку производства изделия с оптимальной организацией маршрутов ТП и рациональным размещением оборудования. В конечном итоге на выходе получена возможность не только разработки готовых сборочных чертежей, но и разработки технологической документации, где также отображается оборудование, используемое при производстве составных частей изделия и технико-экономические показатели маршрутов технологических операций.

В изобретении Заозерского С.А. [4] предлагается способ автоматизированного проектирования производства и эксплуатации прикладного программного обеспечения и система для его реализации, где происходит формирование комплекса модели представления знаний о предметной области объекта мониторинга и управления, далее обработка массивов исходных параметров базы данных и осуществление их программно-ориентированного преобразования в модуль прикладного программного обеспечения. Затем осуществляется выбор модели непосредственно в процессе эксплуатации, а также автоматическое программно-ориентированное преобразование выбранной исходной модели в исполняемый модуль прикладного программного обеспечения. Отличие данного способа заключается в содержании множества модулей: протоколирования; отображения графиков; таблиц расширения графических объектов; математических расчетов; выполнения диалогов; модуль выбора информации из базы данных; обработки команд оператора; модуль обработки технологических сообщений, связанных параллельно с модулем планирования. В свою очередь модуль выбора информации связан с базой данных.

В статье Солодиловой Н.А. рассматриваются новые технологии проектирования, такие как генеративное проектирование, основанное на применении специализированного программного обеспечения, и обратный инжиниринг [5]. Одним из направлений генеративного проектирования является оптимизация топологии. Именно это направление наиболее подходит для применения в машиностроении. С использованием данного подхода к проектированию (с применением генетических алгоритмов в комбинации с вычислительными технологиями конечно-элементного анализа), инженеру-конструктору достаточно ввести параметры изделия, например марку материала, его свойства, величину и направления нагрузок, максимальный вес для того, чтобы на выходе получить

готовую 3D-модель детали с оптимальной геометрией, что позволяет сэкономить материал для изготовления изделия. При реверс-инжиниринге, или другими словами, обратном проектировании готовую 3D-модель получают на основе готового образца изделия. То есть конструкторская документация не разрабатывается с нуля, а восстанавливается по готовому изделию, измеряя его размеры и изучая другие его параметры.

В научной работе Кондусова Д.В. разработана методика автоматизированного проектирования изделий машиностроения, основанная на многократном использовании конструкторских знаний [6]. В результате исследований были разработаны базы данных для хранения индексированных файлов на основе анализа геометрии 3D-модели; функциональная и математическая модель САПР, основанные на повторном использовании конструкторских знаний. Также были разработаны алгоритмы и реализован интегрированный интерактивный комплекс анализа 3D-моделей. Отличие данной методики заключается в вариативности выбора метода распознавания трехмерной модели деталей, в автоматизации многократного использования конструкторских знаний, в адаптации математических моделей процесса извлечения параметров для работы в условиях единого информационного пространства предприятия.

Таким образом, проанализировав научные исследования в области автоматизации проектирования конструкторской и технологической документации в машиностроении, можно сделать следующие выводы:

- основная часть исследований посвящена в большей мере САПР конструкторской документации, а автоматизация технологической подготовки производства остается менее изученной;

- исследования в сфере автоматизации проектирования ТП не решают в полном объеме всех проблем, а в основном затрагивают отдельно взятые аспекты, в большинстве случаев у одних авторов это либо автоматизация технологии сборки, сварки, схем базирования, режимов резания и т.п., у других методика проектирования разрабатывается для конкретно взятых предприятий, либо для автоматизации производства конкретных изделий, т.е. они не являются универсальными.

Это обуславливает необходимость разработки методики проектирования ТП, применимой во всех случаях при единичном производстве продукции на любом машиностроительном предприятии, в том числе и при изготовлении буровых установок на АО «Завод бурового оборудования», позволяющей максимально сократить сроки составления технологических процессов и маршрутно-операционных карт, а также повысить качество ТП.

Для достижения поставленной цели, а именно для повышения эффективности технологической подготовки единичного производства за счет разработки САПР ТП предлагается разработать программный модуль формирования ТП, усовершенствовать базу данных за счет разработки шаблонов ТП на все возможные типы деталей, входящих в состав буровых установок, разработать базы данных с допусками и посадками, оборудованием, используемом на АО «Завод бурового оборудования», режущим инструментом, оснасткой и т.п., а

также разработать программные модули, при помощи которых в диалоговом режиме технолог мог бы выбирать параметры, инструмент, оборудование, необходимые для изготовления конкретной детали, входящей в состав буровой установки согласно КД [7].

Список литературы

1 Сергеев, А.И. К вопросу автоматизации проектирования технологических процессов / А.И. Сергеев, А.В. Непейн // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 1672–1675.

2 Патент № 97114281А Рос. Федерация, МПК G06F 17/50 (1995.01), G05B 19/4097 (1995.01). Промышленная система автоматизированного проектирования технологических процессов: №97114281А: заявл. 07.08.1997 : опубл. 20.06.1999 / Зимин В.И.; заявитель АО «АВТОВАЗ». – 7 с.

3 Патент № 2192046С1 Рос. Федерация. Способ компьютерного проектирования конструкций и технологий изготовления многопараметрических изделий: №2001125763/09А: заявл. 24.09.2001 : опубл. 27.10.2002 / А.А. Баранов. – 5 с., 1 з.п. ф-лы, 16ил.

4 Патент № 2676405С2 Рос. Федерация. Способ автоматизированного проектирования производства и эксплуатации прикладного программного обеспечения и система для его реализации: №2016129653А: заявл. 19.07.2016 : опубл. 28.12.2018 / Заозерский С.А., Березов И.В., Коромысличенко В.Н., Николаев Д.А., Ничипорович О.П., Охтилев М.Ю., Пикулев П.А., Росиев А.Ю., Черников А.Д., Чуприков А.Ю.; заявитель ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». – 9 с., 2н. и 5 з.п. ф-лы, 8ил.

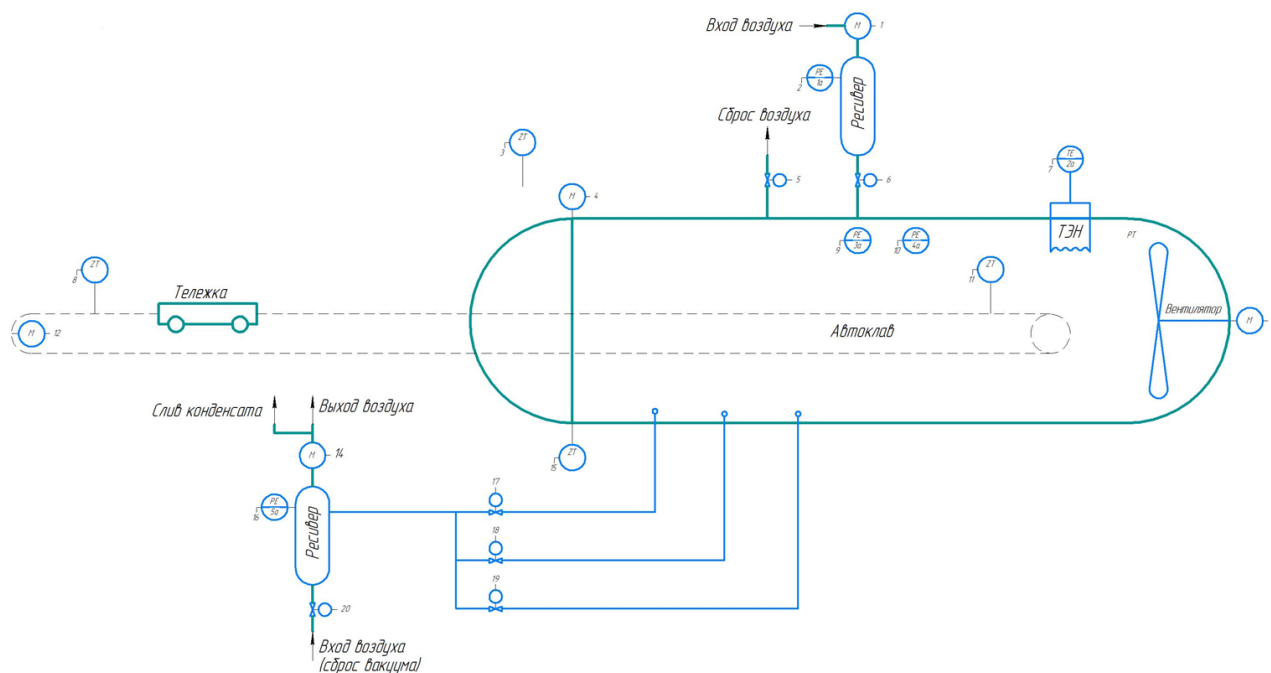
5 Солодилова, Н.А. Новые технологии проектирования в рамках дисциплины «САПР в машиностроении» // SAEC. 2019. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-proektirovaniya-v-ramkah-distipliny-sapr-v-mashmostroenii> (дата обращения: 10.05.2020).

6 Кондусов, Д.В. Методика автоматизированного проектирования изделий машиностроения на основе многократного использования конструкторских знаний: диссертация кандидата технических наук: 05.13.12 / Кондусов Дмитрий Викторович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»]. – Оренбург, 2020. – 223 с.: ил.

7 Непейн, А.В. Обзор методов проектирования технологических процессов деталей в машиностроении / А.В. Непейн, А.И. Сергеев // Фундаментальные и прикладные научные исследования в условиях современных вызовов и угроз: сборник материалов X Международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 194-198.

Овечкин М.В., канд. тех. наук, Мусина Р.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Функциональная схема автоматизации процесса полимеризации изделий представлена на рисунке 1. Функциональная схема работы шкафа управления – на рисунке 2.



Загрузка происходит следующим образом: заготовки укладываются в тележку, находящуюся в начале рельсового пути, шланги вакуума подключены к заготовкам, крышка печи открыта. После загрузки оператор включает автоматику движения тележки, которая запускает вращение цепного привода 12, заводящего тележку внутрь печи. При срабатывании концевого выключателя 11 движение тележки прекращается. Далее, по команде оператора, включается ме-

ханизм закрытия крышки печи, которое осуществляется на основе электропривода 6 и контролируется концевыми выключателями 3 и 15.

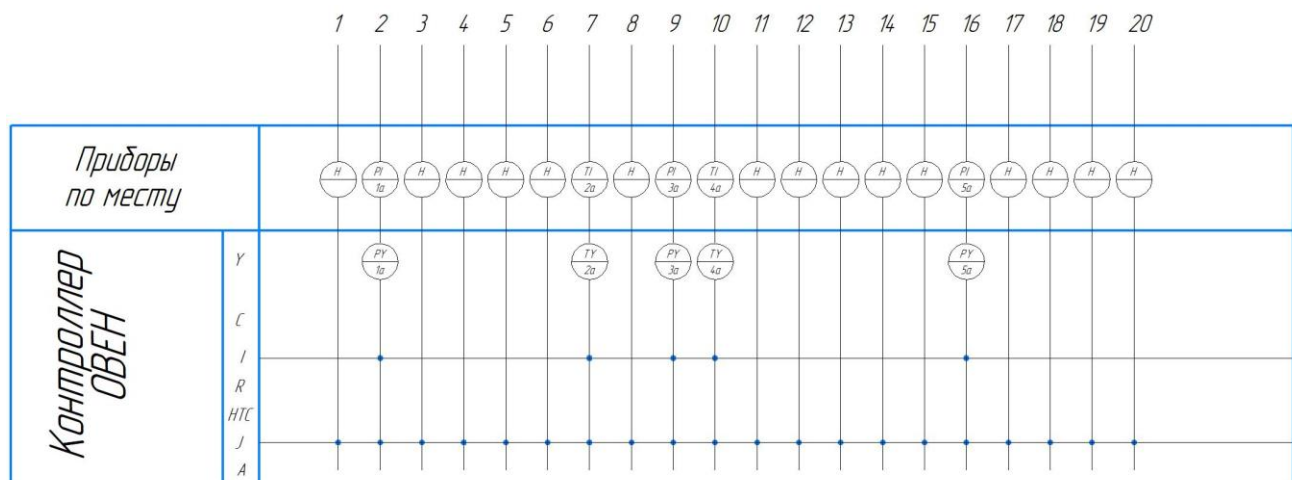


Рисунок 2 – Функциональная схема шкафа управления

Основная программа. Одновременно включаются следующие подсистемы:

- нагрев тэна, контролируемый датчиком температуры 9;
- работа вентилятора 19 внутри печи;
- воздух в автоклав входит через ресивер, нагнетаясь в штуцер насоса 1.

Давление в ресивере контролируется датчиком давления 2;

- откачка воздуха из пакетов заготовок осуществляется через ресивер, откачиваясь через штуцер насоса 14. Разряжение в ресивере контролируется датчиком давления 16. Необходимые шланги подключаются задвижками 17-19.

В процессе полимеризации контроллер устанавливает и поддерживает значения давления и температуры по временным диаграммам.

После завершения полимеризации:

- отключается тэн;
- выключается вентилятор 19;
- отключается насос 1, перекрывается задвижка 6. При помощи электро-двигжки 5 происходит сброс давления воздуха из печи;
- отключается насос 14, происходит открытие задвижек 17-19 и 20 для сброса разряжения (вакуума).

После установления температуры и давления в соответствии со значениями, безопасными для открытия происходит следующее:

- при помощи двигателя 4 происходит открытие крышки печи;
- запускается вращение цепного привода 12, выводящего тележку из печи;
- при срабатывании концевого выключателя 8 движение тележки прекращается.

Технологический процесс полимеризации завершен.

Таким образом, хотя автоматизация может значительно улучшить эффективность процесса изготовления композитных материалов, она также представляет некоторые вызовы. Например, сложность программирования роботов или необходимость в высококвалифицированных специалистах могут быть преградами для широкого внедрения этой технологии. Более того, возможность ошибок при работе автоматических систем требует тщательного контроля и надежной системы безопасности.

Список литературы

- 1 Черепашин, А. А. Технология обработки материалов: учебник / А. А. Черепашин. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2012. – 168 с.
- 2 Виноградов, В. М. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб, пособие / В. М. Виноградов, А. Л. Черепашин. – М.: Форум, 2014.
- 3 Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

ПРОБЛЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СУЩНОСТЕЙ ПРОИЗВОДИМЫХ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВКИ ЦЕХОВ

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

Одной из актуальных проблем содержания производственных мощностей заводов является их зависимость от спроса на производимую линейку продукции. Причинами, влияющими на спрос на линейку продукции, являются:

- 1) рост спроса в новых видах продукции в силу смены ценовой политики на основную;
- 2) рост потребности в новых (близких к производимой) линейках продукции;
- 3) производство модифицированных единиц существующей продукции в силу наличия кратковременного спроса.

Одним из способов проектирования цехов является применение методов на основе цифровых двойников. Актуальность данного подхода обусловлена его преимуществами, а именно:

- 1) высокая степень детализации происходящих процессов моделируемого объекта;
- 2) возможность модификации происходящих процессов «на лету»;
- 3) непрерывность процесса моделирования из-за бесшовной интеграции модулей, создающей единую информационную систему; все алгоритмы, производящие оптимизацию планировки цеха, скрыты от конечного пользователя;
- 4) возможность построения прогноза потребления цехом ресурсов, необходимых для реализации намеченного плана производства;

Одним из примеров использования цифровых двойников в проектировании работы производства является использование цифровой платформы, использующей цифровых двойников для оптимизации внутренних цепочек поставок в кластере заводов [1]. На рисунке 1 представлена схема взаимодействия заводов с конечными потребителями в виде отображённых на нём цепочек поставок.

При детальном рассмотрении предлагаемого авторами решения, выделены основные аспекты в данном процессе.

Во-первых, для моделирования выбрана технология SBDT, которая отвечает за то, что цифровой двойник должен быть реализован в виде объектно-ориентированной структуры, что облегчает его интеграцию с другими модулями, такими как модуль графики и построения 3D-моделей, отвечающий за визуализацию конечного решения на устройствах виртуальной реальности. Помимо этого, данный подход облегчает доступ и модификацию данных представленной сущности. В свою очередь, пользовательский опыт способствует

корректированию и исправлению ошибок в клиентской части, что является преимуществом, способствующим ускорению развития данного проекта.

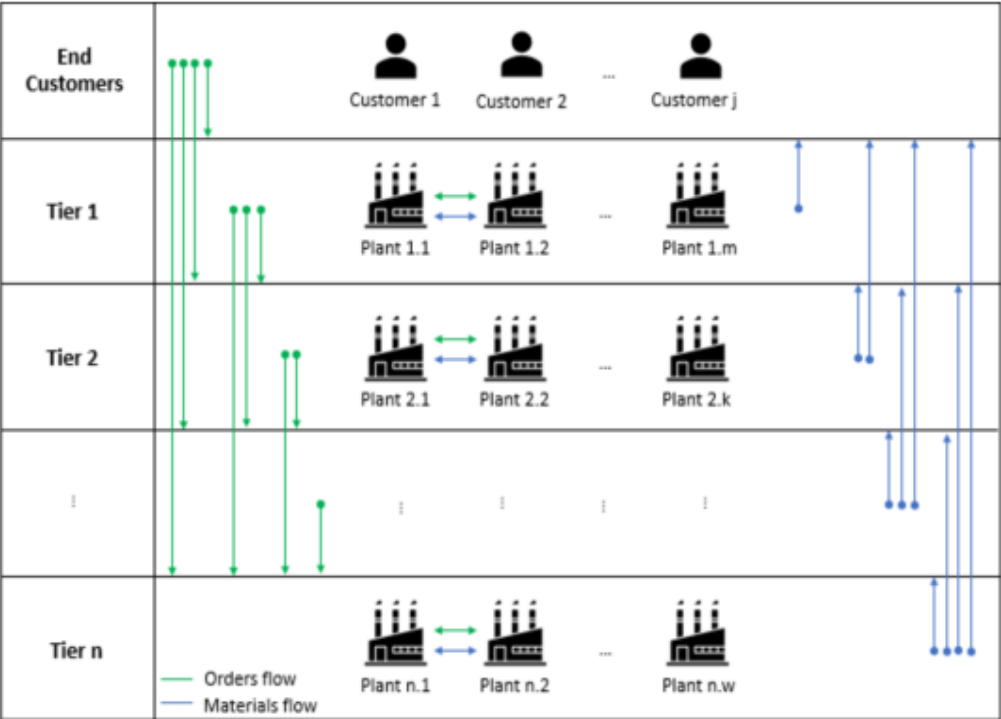


Рисунок 1 – Схема взаимодействия заводов и конечных потребителей

В свою очередь, необходимость применения объектно-ориентированной модели порождает необходимость в использовании интеграции и стандартизации данных. Данная необходимость позволяет избежать ошибок при построении цифровых двойников, а также добавляет возможность хранить данные в виде реляционных таблиц.

Для проведения анализа зависимостей между сущностями, которые были заданы пользователями, в системе имеется возможность проводить анализ сценариев «Что будет, если...». Имеется возможность производить изменение и добавление параметров для сущностей в текущем проекте. При использовании механизма анализа зависимостей появляется возможность подсчёта коэффициента эффективности производства (KPI). Преимущество такого подхода позволяет изучить влияние внутренних параметров.

Несмотря на это, данное решение не лишено недостатков. К числу таких можно отнести дороговизну процесса интеграции конечного решения в существующий проект, а также такие аспекты, как постоянная необходимость в администрировании информационного комплекса, который обеспечивает работу данной среды. Помимо всего прочего, остро стоит вопрос о расширяемости базы параметров, которые отвечают за отображение влияния одних свойств и качеств линейки продукции на другие. В свою очередь, табличное представление таких параметров нежелательно тем, что возникает два неблагоприятных пути развития ситуации:

1) порождение большого числа зависимостей таблиц друг от друга, что усложняет как сами связи для их восприятия, так и замедляет всеобщую работу СУБД;

2) расширение существующей таблицы признаков новыми столбцами, которые должны быть пересчитаны для каждого из видов продукции, что, в свою очередь, выражается в постоянном изменении т.н. «холодных» данных, которые изменяться с момента введения не должны. К примеру, с введением фундаментальных сущностей с известными параметрами влияния друг на друга, они, как правило, не должны изменяться на весь период работы системы.

В качестве решения, предлагается использовать связь следующего вида, где будет выделено несколько типов сущностей. Представление таких типов выражено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Пример выражения зависимостей между типами данных

Таким образом, из-за неоправданности высокой степени т.н. «связности» типов структурных данных, следует прибегнуть к документно-ориентированному подходу данных. Суть данного подхода заключается в том, что зависимость типов данных отображается в самих объектах, что упрощает их конечное восприятие, а именно:

1) определение конечного представления типа данных должно быть максимально расширяемым;

2) для определения типов объекта следует применить парадигму «Нотация типа есть объект»;

3) каждому экземпляру нотации типа объекта присвоить уникальный идентификатор, который позволит выстраивать иерархии зависимости и расширения типов в самих объектах.

Обновленное представление объекта представлено на рисунке 3.

Преимуществом такого подхода является ослабление связанности типа данных и наличие возможности к его расширению путём добавления соответствующих свойств к документам, представляющих класс.

Текущее представление классов благоприятно для применения с интеллектуальными методами оптимизации. Данные методы удобны тем, что они обладают возможностью довольно гибкой настройкой как самих методов оптимизации связей между представлениями типов, так и оптимизацией косвенных параметров, влияющих на представление самих типов.



Рисунок 3 – Документное представление классов деталей

Список литературы

1 Cimino, A. Enhancing internal supply chain management in manufacturing through a simulation-based digital twin platform / Cimino A., Longo F., Mirabelli G. и др. // Computers & Industrial Engineering. – 2024. – № 198.

2 Мартынов, А. К. Автоматизация мелкосерийного механообрабатывающего производства на базе станков с ЧПУ / А. К. Мартынов, В. И. Лившиц. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1984. – С. 10, 24.

3 Mo F. A framework for manufacturing system reconfiguration and optimisation utilising digital twins and modular artificial intelligence / Fan M., Ur Rehman H., Fabio Marco M. и др. // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2023. – № 82.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДАРНЫХ ВИБРОГАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ВИБРАЦИЙ В МАШИНАХ

Пискарёва Т.И., канд. техн. наук, Строев И.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Уменьшение уровня вибраций упругих систем, колебательный режим которых близок к резонансному, может быть достигнуто увеличением сил неупругого сопротивления в результате применения ударного виброгасителя.

Ударный виброгаситель представляет собой небольшой груз, помещенный с зазором внутри некоторой полости основного упругого закрепленного объекта. При колебаниях этого объекта происходят соударения груза о стенки полости.

Так как для реальных тел удары частично упругие, то колебания системы с ударным виброгасителем сопровождаются рассеиванием энергии, которая при установившемся режиме колебаний равняется энергии, сообщаемой ударному виброгасителю от основного упругого закрепленного объекта.

Конструктивная простота и нечувствительность к изменениям внешних условий способствовали успешному применению ударных виброгасителей для уменьшения уровня колебаний резцов и расточных оправок, дымовых труб [1, 2].

Имеется ряд теорий, объясняющих работу ударного виброгасителя. Точное решение задачи об учете влияния ударного виброгасителя на колебания упругой системы приводит к сложным зависимостям, не дающим, однако, удовлетворительного совпадения с экспериментальными результатами [3].

Рассмотрим колебания системы (рисунок 1) при кинематическом возмущении $\xi = \xi_0 \sin(\Omega t + \alpha)$.

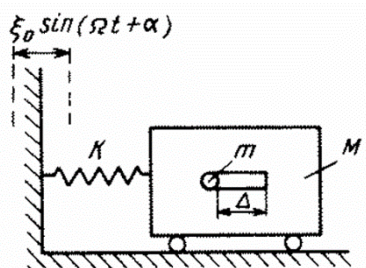


Рисунок 1 – Упругая система с ударным гасителем колебаний

Характеристику упругого закрепления будем считать линейной. Уравнение движения основной массы M , внутри которой находится дополнительная масса m ударного виброгасителя может быть представлено в виде

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x + \frac{m}{M} \ddot{x} f(t) - \sum_n \frac{m}{M} [(-1)^{n-1} A \Omega - \dot{x}] \times \delta[t - (n-1)T_y] - \xi_0 \omega_0^2 \sin(\Omega t + \alpha) = 0, \quad (1)$$

где $x = A \sin(\Omega t + \varphi)$ – абсолютное перемещение массы M (угол φ определяет фазу удара); ω_0 – частота собственных колебаний основной системы; A – амплитуда установившихся колебаний массы M ; T_y – период удара; $\delta(t)$ – дельта-функция Дирака; n – порядковый номер соударений массы m о массу M ; $f(t)$ – функция, приведенная на рисунке 2.

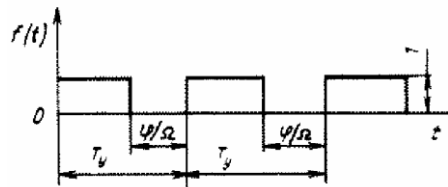


Рисунок 2 – График функции $f(t)$

При составлении уравнения затухание в упругой опоре предполагается исчезающе малым по сравнению с затуханием, обусловленным влиянием ударного демпфера.

Здесь принято, что первый удар частицы с массой происходит в момент $t = 0$. Режим колебаний считается установившимся. При таком режиме масса m демпфера совершает два удара за один цикл колебаний. Отрыв массы демпфера от основной массы объекта происходит всякий раз, когда величина скорости $\dot{x}$ достигает максимального по модулю значения, равного $A\Omega$.

После отрыва масса m продолжает двигаться с постоянной скоростью (равной по модулю $A\Omega$) вплоть до встречи с торцом контейнера внутри массы M .

Находим выражение для энергии, рассеиваемой за один цикл колебаний. Работа, совершаемая внешним возмущением и отнесенная к единице массы M , определяется интегралом

$$w = \xi_0 \omega_0^2 \int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} \sin(\Omega t + \alpha) \frac{dx}{dt} dt.$$

В то же время работа системы сил, действующих на массу M , может быть найдена с точностью до постоянного множителя по правой части уравнения:

$$w = \int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} \ddot{x} \dot{x} dt + \int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} \omega_0^2 \ddot{x} \dot{x} dt + \int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} \frac{m}{M} \ddot{x} \dot{x} f(t) dt - \\ - \int_0^{\frac{\pi-\varphi}{\Omega}} \frac{m}{M} (A\Omega - \dot{x}) \delta(t) \dot{x} f(t) dt - \int_{\frac{\pi}{\Omega}}^{\frac{\pi-\varphi}{\Omega}} \frac{m}{M} (-A\Omega - \dot{x}) \delta(t - T_y) \dot{x} dt.$$

Ударный виброгаситель будет наиболее эффективным при таком значении фазового угла φ , когда потеря энергии w будет максимальной. Дифференцируя по φ и приравнявая производную нулю, находим

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{2m}{M} A^2 \Omega^2 (1 - \cos \varphi) = 0.$$

Из равенства определяем, что фазовый угол в этом случае будет либо $\varphi = 0$, либо $\varphi = \pi$. Случай, когда $\varphi = 0$, не представляет интереса, так как здесь не происходит отрыва демпфера от основной системы. При $\varphi = \pi$ рассеиваемая за период колебаний энергия, отнесенная к массе M ,

$$\omega = \frac{4mA^2\Omega^2}{M}.$$

Обозначая величину зазора, в пределах которого масса может перемещаться в контейнере, через Δ , записываем

$$\Delta = A\Omega t_y - A\Omega \sin \Omega t_y,$$

где t_y – время от отрыва массы m до удара.

Назовем произведение $\Omega t_y = \varphi$ фазой удара. Тогда можно записать

$$\frac{\Delta}{A} = \varphi - \sin \varphi. \quad (2)$$

Как показывает данное выражение, фаза удара полностью определяется отношением величины зазора к величине амплитуды установившихся колебаний. Величина φ является важнейшей характеристикой виброгашения.

Для решения уравнения (1) используем вариационный метод Бубнова-Галеркина [4].

Обозначая через $L(\ddot{x}, \dot{x}, t)$ результат подстановки приближенного решения

$x = A \sin(\Omega t + \varphi)$ в левую часть уравнения (1), приравниваем нулю следующие интегралы согласно основной идее метода:

$$\int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} L(\ddot{x}, \dot{x}, t) \sin(\Omega t + \varphi) dt = 0;$$

$$\int_0^{\frac{2\pi}{\Omega}} L(\ddot{x}, \dot{x}, t) \cos(\Omega t + \varphi) dt = 0.$$

Выполнив интегрирование, находим два совместных уравнения, определяющие амплитуду A и фазу φ установившихся колебаний:

$$-A\Omega^2 + \omega_0^2 A - \frac{m}{M} \frac{A\Omega^2}{\pi} \left(\pi - \varphi + \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) - \frac{2m}{M\pi} A\Omega^2 \left(\sin \varphi - \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) = \xi_0 \omega_0^2 \sin(\alpha - \varphi);$$

$$\frac{m}{M\pi} A\Omega^2 \sin^2 \varphi - \frac{2m}{M\pi} A\Omega^2 (\cos \varphi - \cos^2 \varphi) = \xi_0 \omega_0^2 \cos(\alpha - \varphi). \quad (3)$$

Последнее уравнение можно привести к виду

$$\frac{m}{M\pi} A\Omega^2(1 - \cos \varphi)^2 = \xi_0 \omega_0^2 \cos(\alpha - \varphi). \quad (4)$$

Рассматривая вынужденные колебания системы, обладающей одной степенью свободы и описываемой уравнением

$$\ddot{x} + c\dot{x} + \omega_0^2 x = \xi_0 \omega_0^2 \cos(\Omega t + \alpha). \quad (5)$$

Приходим к следующим соотношениям, устанавливающим зависимость амплитуды и фазы от частоты возмущения:

$$\begin{aligned} -A\Omega^2 + \omega_0^2 A &= \xi_0 \omega_0^2 \cos(\alpha - \varphi), \\ c\Omega A &= \xi_0 \omega_0^2 \sin(\alpha - \varphi). \end{aligned}$$

Сравнивая уравнение (5) с уравнениями (3) и (4), замечаем, что анализ системы с ударным виброгасителем, масса которого значительно меньше массы основного объекта (т. е. при $\frac{m}{M} \ll 1$), можно заменить анализом уравнения (5):

$$c = \frac{m\Omega}{M\pi} (1 - \cos \varphi)^2.$$

Такая замена будет также справедлива при любом отношении массы m к массе M в частном случае $\varphi = \pi$. В общем случае предложенная замена системы с ударным виброгасителем системой с вязким затуханием, но без демпфера несправедлива и может привести к существенным погрешностям.

Амплитуду и фазу при установившихся вынужденных колебаниях системы с ударным виброгасителем можно найти непосредственно из уравнения (4) и первого уравнения (3).

Возводя в квадрат левые и правые части уравнения (4) и первого уравнения (3), будем иметь:

$$A^2 \left\{ \left[-1 + \frac{m}{M\pi} \left(\varphi - \pi + \frac{\sin 2\varphi}{2} - 2 \sin \varphi \right) \right] \Omega^2 + \omega_0^2 \right\}^2 + A^2 \left(\frac{m}{M\pi} \Omega^2 \right)^2 (1 - \cos \varphi)^4 = \xi_0^2 \omega_0^4.$$

Разрешив это уравнение относительно квадрата круговой частоты возмущения, находим

$$\Omega^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} a &= \left[-1 + \frac{m}{M\pi} \left(\varphi - \pi + \frac{\sin 2\varphi}{2} - 2 \sin \varphi \right) \right]^2 + \left(\frac{m}{M} \right)^2 (1 - \cos \varphi)^4, \\ b &= 2\omega_0^2 \left[-1 + \frac{m}{M\pi} \left(\varphi - \pi + \frac{\sin 2\varphi}{2} - 2 \sin \varphi \right) \right], \end{aligned}$$

$$c = \omega_0^4 - \frac{\xi_0^2 \omega_0^4}{A^2}.$$

Формулы (6) и (2) позволяют построить амплитудно-частотные зависимости. Предположим, что отношение зазора Δ к амплитуде установившихся колебаний A является заданной постоянной величиной. Эта величина полностью определяет фазовый угол φ , зная который, можно при фиксированном значении A , соответствующем принятому отношению $\frac{\Delta}{A}$, найти частоту возмущения Ω по формуле (6).

Таким образом, каждой произвольно выбранной амплитуде колебаний отвечает определенное значение возмущающей частоты. Задаваясь различными значениями A , можно построить график $\Omega(A)$ (рисунок 3).

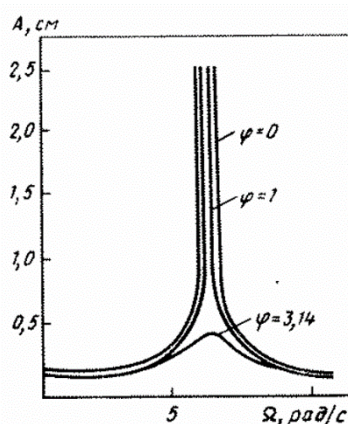


Рисунок 3 – Амплитудно-частотные кривые

На рисунке 3 приведены графики амплитудно-частотных зависимостей, построенные при следующих данных: $\omega_0^2 = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$; $\xi_0 = 0,1 \text{ см}$; $\frac{m}{M} = 0,2$; $\varphi = 0$; $\varphi = 1$; $\varphi = 3,14$. Как показывают графические зависимости, ударный виброгаситель является наиболее эффективным при $\varphi = \pi$. Зная фазовый угол φ и амплитуду колебаний, соответствующую частоте рабочего режима установки, можно найти необходимую величину зазора Δ .

Список литературы

- 1 Шевченко А.Ф., Зевин А.А., Лесник Н.П., Кузнецова Т.И., Филоненко Л.А. Ударный виброгаситель // Патент СССР № 1112161.
- 2 Гуров А.П., Щербинин А. В., Андреев В. В. Управляемый динамический виброгаситель// Патент СССР № 1190113
- 3 Куцубина, Н.В. Теория виброзащиты и акустической динамики машин [Текст]: учебное пособие / Н.В. Куцубина, А.А. Санников. – М.: Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 167 с.
- 4 Долгих, Т.Ф. Проекционно-разностные методы: учебное пособие / Т.Ф. Долгих, Е.В. Ширяева. – М.: Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2017. – 79 с.

ОГУ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ РЕГИОНА

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор,

Никитина И. П., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Оренбургский государственный университет в 1996 году был создан на базе известного в регионе Оренбургского политехнического института, история которого началась почти 70 лет назад. Первым руководителем вечернего отделения Куйбышевского индустриального института в Оренбурге, а затем и первым директором Оренбургского филиала Куйбышевского индустриального института был назначен Юдковский Павел Александрович. Начиная с 1962 года, выпускники оренбургского политехнического института, а в последствии университета, пополняли ряды машиностроительных предприятий области, занимая разного уровня должности.

Если в 60-е годы в регионе отмечался общий рост машиностроительного производства, оборудования, станкостроения, другой техники, то политехнический институт обеспечил технологами и конструкторами весь регион. Практически на каждом машиностроительном предприятии работали выпускники Оренбургского политехнического института.

Конец семидесятых – начало восьмидесятых годов – на предприятиях области широко стали применяться станки с ЧПУ. Благодаря сотрудничеству политехнического института с производственным объединением «Стрела» в лабораториях института появились станки с ЧПУ, и началось обучение на новом уровне, отвечающем потребностям экономики региона.

Девяностые, двухтысячные годы – информатизация экономики, упор при подготовке инженерных кадров на системы автоматизированного проектирования, компьютерного моделирования. Сегодня наш выпускник отличается от выпускников 60-х годов. Типовой современный выпускник без компьютера – в профессиональном единоборстве скорей всего проиграет выпускнику 60-х, но с компьютером его возможности возрастают многократно, что хорошо понимают современные производственники. Поэтому, уже с третьего курса обучения студентов, проводят различные профессиональные мероприятия, направленные на привлечение молодых кадров на свои предприятия.

Сегодня – новый вызов для производственников. По данным Росстата в обрабатывающих производствах среднесписочная численность работников пусть и незначительно, но стабильно падает. Это падение с 2017 по 2020 год составило чуть более 3 %. При этом, если среднесписочная численность работников в обрабатывающих производствах составила более 6,6 млн.чел, то на предприятиях, производящих машины и оборудование, не более 0,4 млн. чел. [1]. Не углубляясь в причины дефицита кадров, одним из наиболее простых сегодня способов решения этой проблемы является роботизация. Так по аналити-

ческим данным национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) в 2023 году в России на предприятиях обрабатывающего сектора экономики использовались около 12,8 тыс. промышленных роботов [2]. Аналитики полагают, что коэффициент замещения роботами рабочих мест может превышать 20. Внедрение промышленных роботов и высокий уровень промышленной автоматизации особенно актуален в современных условиях напряженности трудовых ресурсов на предприятиях, связанных с мехобработкой, где очень много рабочих мест являются высокотехнологичными, требующими высокой квалификации. Поэтому переход к безлюдной технологии – это неизбежное будущее современного производства. И к нему необходимо готовиться на всех уровнях, включая и образование.

Крылатая фраза из недавнего прошлого «Кадры решают всё» актуальна и сегодня. Да университет сегодня может похвалиться достаточно внушительным составом остепенённых кадров, более сотни докторов наук, и около 700 кандидатов наук. Тогда как сорок лет назад в оренбургском политехническом институте было всего шесть докторов, да около 50 кандидатов наук. И всё-равно кадровые проблемы нарастают комом. Основная проблема сегодня – это невозможность соревноваться с промышленными предприятиями в привлечении молодого поколения на работу в вуз. Для любого предприятия, и вуза тоже, не секрет, нет молодежи – нет будущего у этого предприятия.

Что же можно сделать сегодня? Сегодня надо обратиться к предприятиям за помощью. Практика общения с работодателями показывает, что машиностроительные предприятия региона заинтересованы в развитии вуза. Они заинтересованы в получении высококвалифицированных специалистов, готовых сразу решать профессиональные задачи, минуя долгий этап становления инженера на производстве.

Какие же шаги следует предпринять сегодня? Сегодня необходимо создать в университете Центр промышленной робототехники и мехатроники (далее Центр). Его создание направлено на решение многих задач для нашего региона. Но главную – кадры. Кадры и для предприятий, и для вуза.

Миссия нашего Центра – это формирование новых компетенций в области высокоавтоматизированного производства в регионе. Новые компетенции – это знания, умения и практические навыки создания и эксплуатации высокоавтоматизированного производства.

Цель деятельности Центра – это содействие возникновению новых робототехнических производств в регионе. Фактически созданный Центр позволит создать новую отрасль экономики в Оренбуржье – роботостроение.

Основные направления деятельности Центра: образовательная и производственно-технологическая.

Образовательная деятельность включает две основные составляющие. Первая – это длинная подготовка специалистов – полноценное высшее образование: новые направления бакалавриата и магистратуры «Системы управления промышленной робототехники и мехатроники» и «Интеграция робототехнических и мехатронных систем».

Вторая – это короткая подготовка в течение нескольких недель, например, через курсы или программы дополнительного профессионального образования: «Наладчики промышленных роботов и мехатронных систем» и «Системные интеграторы промышленных роботов и мехатронных систем».

Производственно-технологическая деятельность на первом этапе развития Центра охватывает четыре вида :

- разработка проектов специализированных робототехнических ячеек, участков, робототехнических производств, с последующим выходом на проектирование заводов-автоматов;
- интеграция робототехнических и мехатронных систем;
- внедрение специальных робототехнических комплексов в действующее производство;
- настройка, наладка, техническое обслуживание и ремонт робототехнических систем.

Уже об актуальности производственно-технологической деятельности Центра говорит факт запросов от предприятий на создание или отдельных робототехнических ячеек, участков и даже целых производств в 2023 и 2024 гг. Отсутствие такого Центра не позволило нам полноценно участвовать в создании этих производств, хотя некоторый опыт их проектирования мы приобрели.

Функционирование Центра включает четыре этапа.

Первый этап – организационный. На этом этапе определяется и создаётся структура Центра; определяется и формируется базовый состав материально-технического обеспечения Центра; определяется территориальное расположение объектов Центра; формируется штат, осуществляется обучение штата компетенциям в соответствии с заявленной миссией центра. Длительность этапа, с учётом строительных работ и проведения операций закупок оборудования – по самым оптимистичным прогнозам 12 – 18 месяцев.

Второй этап – образовательный. На этом этапе осуществляется разработка образовательных программ высшего образования и программ ДПО; программы повышения квалификации для получения квалификационных разрядов по рабочим профессиям: «Мехатроник в области промышленной автоматизации»; «Техник по обслуживанию роботизированного производства»; должна быть получена лицензия на присвоение квалификационных разрядов рабочих профессий; производится формирование групп обучающихся по программам ДПО и повышения квалификации; реализуется образовательный процесс.

Этот этап еще более сложный, так как включает процессы разной длительности. Собственно, разработка образовательных программ характеризуется наименьшей длительностью, так как первый этап разработки образовательной программы – анализ существующих образовательных программ, – может быть выполнен заранее, еще на организационном этапе создания Центра. Наибольшей длительностью характеризуется обучение по программам высшего образования: от двух до шести лет. Программы повышения квалификации характеризуются существенно меньшим объёмом от 2 до восьми недель, но прогнозиру-

ется хороший спрос на эти программы с учётом присвоения квалификационного разряда.

Третий этап – производственный. На этом этапе работают структуры Центра, созданные на первом организационном этапе – это конструкторское бюро, технологи-специалисты по профилям робототехнических производств (мехобработка, сварка, металлургия, обработка металлов давлением, логистика, покраска, другое обрабатывающее производство и т.д.), наладчики, программисты, электронщики. Создаются проекты и осуществляется их реализация непосредственно штатными работниками Центра.

Четвертый этап – этап развития. Включается в работу Сервисная служба Центра. Начинается работа по созданию собственных компетенций Центра – создание интеллектуальных систем управления, внедрение систем искусственного интеллекта, создание цифровых двойников, создание уникальных не типовых технических решений в области робототехники и отдельных комплектующих.

Для решения этих амбициозных задач нам нужно объединение усилий нашей промышленности и образования. Предприятия получают кадры, прошедшие подготовку в Центре. Вуз получает возможность привлечь молодежь к решению актуальных для региона высокопрофессиональных задач на своей территории, в своих цехах и лабораториях. Вуз получает дополнительный импульс развития, получает новые компетенции, совершенствует образовательный процесс, – выпускники способны решать более масштабные задачи.

Список литературы

1 Щеглов, В.Ю. Проблемы развития промышленного производства в России / В.Ю. Щеглов // Менеджмент сегодня. – 2022. – №3. – С.174–179. URL: <https://grebennikon.ru/article-uu9i.html>

2 РБК. Тренды: Индустрия 4.0 ВШЭ : сайт. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6671bd849a79475a88c9158a?ysclid=m363wtex3f404975269> (дата обращения : 21.12.2024).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

С позиции эффективности рассматриваемые летательные аппараты (ЛА) удобно классифицировать в соответствии с рисунком 1 [1, 2].

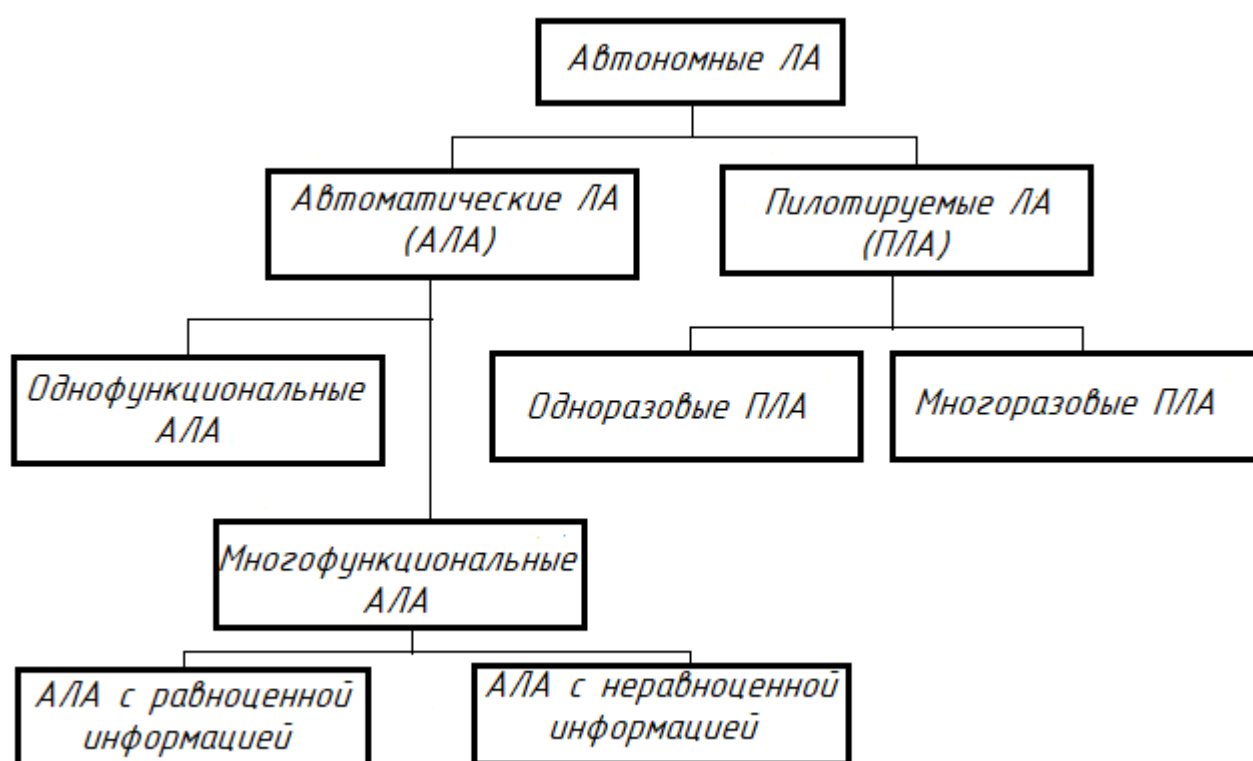


Рисунок 1 – Автономные летательные аппараты

Показателями (характеристиками, критериями) эффективности могут быть: вероятность выполнения задания, вероятность выполнения поставленной задачи и т.д.

Автоматические ЛА изучаются как сложные системы. Под сложными объектами понимается объект, состоящий из нескольких одновременно функционирующих отдельных объектов. С учетом классификации, рисунок 1, АЛА делятся на одноцелевые (АЛАІ) и многофункциональные с равноценной информацией при выполнении различных заданий (АЛАН) и многофункциональные с неравноценной информацией при выполнении каждого задания (АЛАН').

Эффективность АЛАІ без учета условий применения ($\mathcal{E}_{АЛАІ}$) вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_{АЛАІ} = F_E \cdot H_{АЛАІ}, \quad (1)$$

где F_E – вероятность реализации расчетной точности выхода в заданный район и точности возвращения;

$H_{АЛАІ}$ – надежность АЛАІ.

Эффективность многофункциональных АЛАН с равноценной информацией при выполнении различных заданий ($\mathcal{E}_{АЛАН}$) вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_{АЛАН} = F_E \cdot H_{АЛАН}, \quad (2)$$

где F_E – вероятность реализации заданной точности;

$H_{АЛАН}$ – надежность АЛАН.

Надежность АЛАН определяется по модели, в которой каждая система задания соединена в смысле надежности параллельно с системой для другого задания. Автоматические ЛА при выполнении различных заданий АЛАН откажут тогда, когда откажут все системы, выполняющие различные задания. Таким образом, при прочих равных условиях эффективность, определяемая по формуле (2), будет больше эффективности, определяемой по формуле (1).

Выполнение многих заданий, а не одного, приводит к увеличению эффективности АЛАН лишь за счет увеличения надежности, а не специального учета выполнения многих заданий вместо одного. Необходимо учитывать тот факт, что выполняются, например, два задания вместо одного, что повышает эффективность АЛАН в два раза. Но при этом повышается и масса полезного груза. Мы же рассматриваем эффективность либо при заданной массе полезного груза, либо при заданной стартовой массе, либо при заданном том и другом. Тогда постановка еще одного прибора для выполнения другой задачи, равноценной исходной, будет эквивалентна как бы выполнению повышению надежности выполнения исходной задачи, что и учитывает увеличение надежности АЛАН.

Иное дело, если ценность информации от разных систем различна. Тогда это приходится учитывать введением еще коэффициента ценности информации системы $K_{цс}$.

Эффективность многофункциональных АЛА с равноценной информацией при выполнении различных заданий ($\mathcal{E}_{АЛАН}'$) вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_{АЛАН}' = P_E \cdot H_{АЛАН}' \cdot K_{цс}, \quad (3)$$

где P_E – вероятность реализации заданной точности;

$H_{АЛАН}'$ – надежность АЛАН', вычисляемая по модели параллельного соединения систем, выполняющих различные задачи;

$K_{цс}$ – коэффициент цены информации в системе, $K_{цс} \leq 1$. Данный коэффициент определяется по формуле полной вероятности.

Безопасность полета является одной из важнейших характеристик ПЛА.

Аварийные ситуации классифицируем следующим образом:

- 1) по этапам полета: на старте, на активном участке выведения, во время полета, при возвращении и посадке;
- 2) по внешним проявлениям: разгерметизация, пожар, взрыв, сход с расчетной траектории, разрушение;
- 3) по непосредственным причинам гибели экипажа: высокая температура, ожоги, декомпрессия, отравление и удушье, низкая температура, механические повреждения, ударные перегрузки.

Задача обеспечения безопасности экипажа может решаться двумя основными способами. Первый способ заключается во всемерном повышении надежности работы бортовых систем и ЛА в целом, второй – в использовании специальных средств спасения, представляющих собой как бы «балласт» на борту [3].

Увеличение надежности основных систем, предназначенных обеспечивать безопасность экипажа, приводит к увеличению массы систем. Постановка специальных систем, обеспечивающих безопасность полета, также приводит к увеличению массы ЛА. В связи с этим вполне правомерна постановка задачи: при заданной величине безопасности полета найти оптимальные значения надежности основных и специальных систем, обеспечивающих безопасность полета. Критерием оптимизации может быть суммарная масса основных и специальных систем, обеспечивающих безопасность полета.

Безопасность полета для многоразовой транспортной системы равна 0,999, а надежность 0,95. Надежность пилотируемого ЛА зависит не только от надежности технических систем, но и от надежности человека.

Система ПЛА является эргономической системой, это физическая целенаправленная система, нуждающаяся в участии человека при функционировании. Любая эргатическая система состоит из двух систем: технической и антропологической.

Техническая система – система, в которой как объект управления, так и управляющие устройства являются техническими.

Антропологическая система – это специалист или группа специалистов, выполняющих функции по управлению или обслуживанию технической системы и объединенных между собой общностью цели и различного рода связями: субординационными, профессиональными, функциональными и т.д.

Список литературы

1 Егер, С. М. Основы автоматизированного проектирования самолётов: учеб. пособие для студентов авиационных специальностей вузов / С. М. Егер, Н. К. Лисейцев, О. С. Самойлович. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.

2 Новожилов, Г. В. Безопасность полета самолета: концепция и технология / Г. В. Новожилов, М. С. Неймарк, Л. Г. Цесарский. – М.: Машиностроение, 2003. – 144 с.

3 Техничко-экономические характеристики летательных аппаратов [Электронный ресурс]: монография / Е. В. Осипов [и др.]; М-во науки и высш. обра-

зо-вания Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ОГУ, 2020. – 125 с. – ISBN 978-5-7410-2495-9.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК6

Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Степанова М.П.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

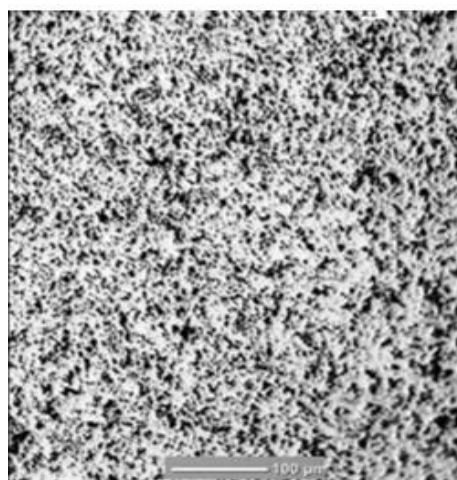
«Оренбургский государственный университет»

В данной работе было проведено высокотемпературное ионное азотирование [1 – 3], оно проводилось в вакуумной печи НГВ6/6-1 при температуре от 900 °С до 1000 °С (вакуум составил 6,665 Па), в среде диссоциированного аммиака, продолжительность выдержки составила 1 – 2 часа. В герметичном контейнере создается разряженная инертная атмосфера [4 – 6]. Внешний вид образца после ионного азотирования представлен на рисунке 1.

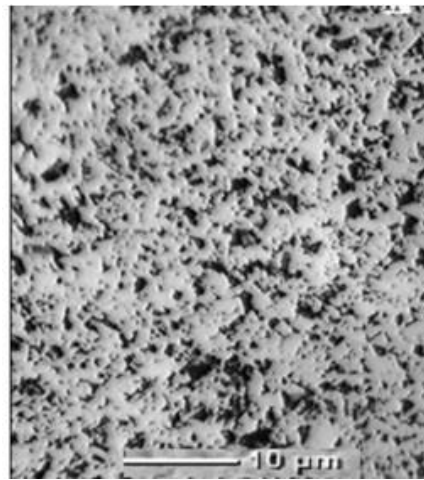


Рисунок 1 – Штабик твердого сплава марки ВК6

После проведенного ионного азотирования была изучена микроструктура ВК6 при увеличении 100 и 1000 на микроскопе при режиме 900 °С/1 час, рисунок 2а – х 100, рисунок 2б – х 1000, а также был проанализирован химический состав в пяти точках результаты представлены на рисунке 3.



а



б

Рисунок 2 – Микроструктура твердого сплава ВК6 после ионного азотирования

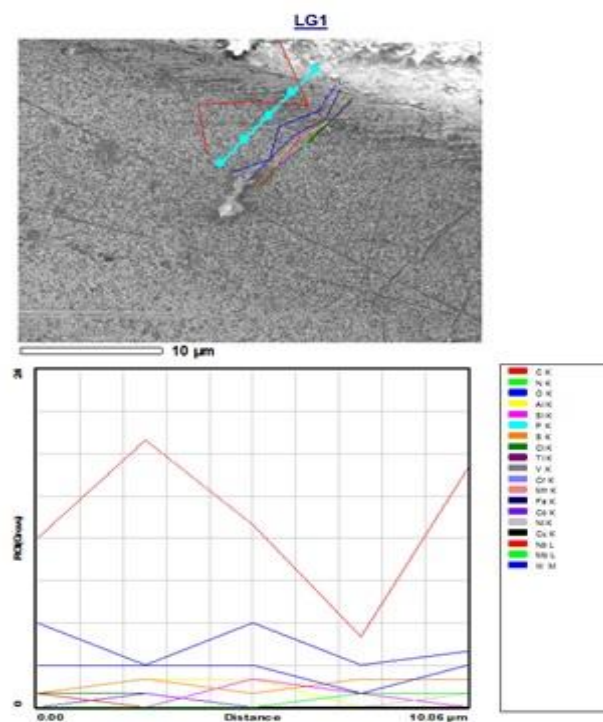


Рисунок 3 – Химический состав твердого сплава ВК6 после ионного азотирования

Из анализа микроструктуры видно измельчение микроструктуры и изменение карбидных включений.

В результате химического анализа видно, что содержание азота уменьшается с глубиной (рисунок 4), также был проанализирован слой при различных увеличениях (рисунок 4а – х 100, рисунок 4б – х 500, рисунок 4в – х 1000).

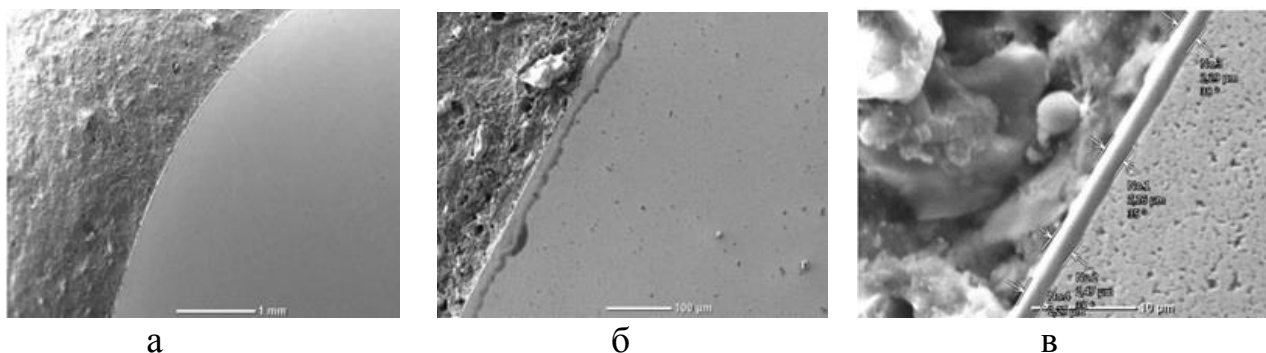


Рисунок 4 – Толщина слоя

Были проведены испытания на микротвердость исходного образца ВК6 и после ионного азотирования, результаты представлены на рисунке 5. Замеры производились в пяти точках, во избежание погрешности, затем высчитывалось среднее значение, и по значениям строился график.

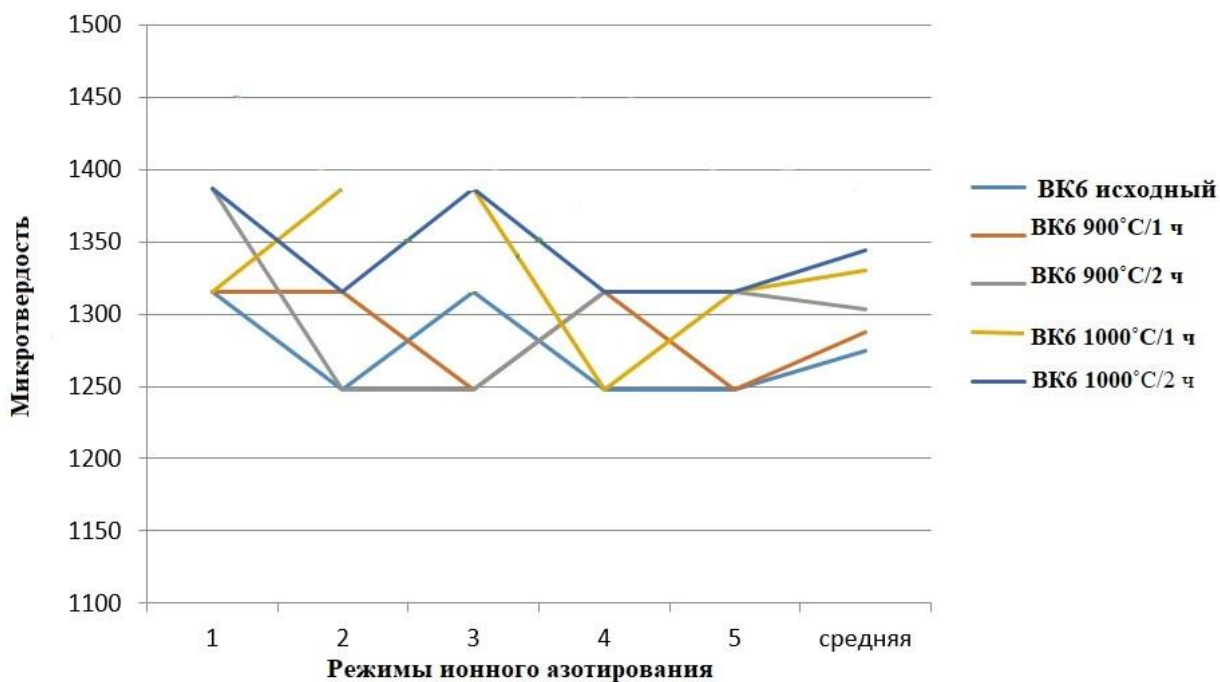


Рисунок 5 – Измерение микротвердости твердого сплава ВК6

После анализа микроструктуры и микротвердости были проведены стойкостные испытания на станке 16K20, результаты испытаний представлены на рисунке 6.

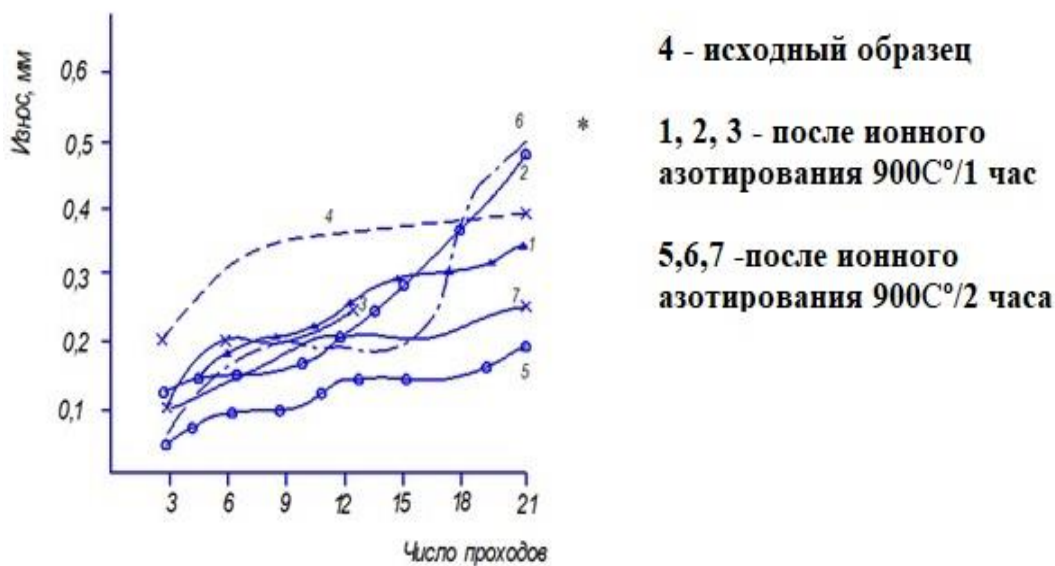


Рисунок 6 – Стойкостные испытания ВК6

Результаты анализа рисунка 6 показывают уменьшение износа твердого сплава ВК6 после ионного азотирования, следовательно, ионное азотирование оказывает благоприятное влияние на износостойкость твердого сплава ВК6.

Список литературы

- 1 Креймер, Г. С. Прочность твердых сплавов / Г. С. Креймер. – М.: «Металлургия», 1971. – 247 с.
- 2 Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них : учеб. пособие для вузов / В. С. Панов, А. М. Чувиллин. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.
- 3 Панов, В. С. Научные положения регулирования свойств спеченных твердых сплавов / В. С. Панов, В. К. Нарва // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. – № 6. – С. 25–29.
- 4 Киффер, Р. Твердые сплавы / Р. Киффер, П. Шварцкопф. – М.: Металлургиздат, 1957. – 664 с.
- 5 Бондаренко, В. А. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов: / В. А. Бондаренко, С. И. Богодухов. – М.: Машиностроение, 2000. – 144 с.
- 6 Шмыков, А. А. Справочник термиста: издание второе /А. А. Шмыков. – М.: Книга по требованию, 2012. – 290 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА Т5К6

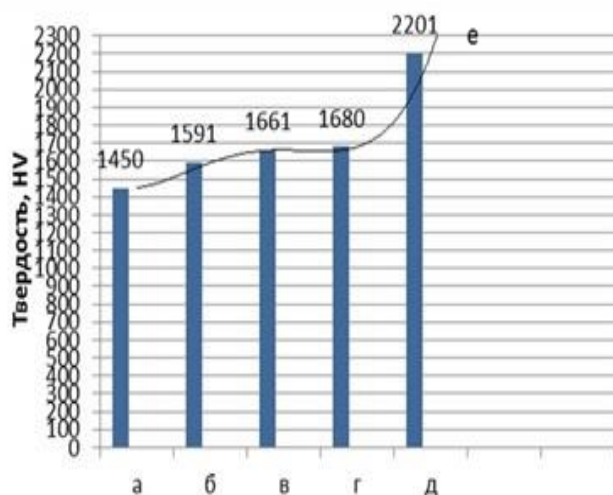
Свиденко Е.В., канд. техн. наук, Мозгунова В.С., Творогов И.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В данной работе была рассмотрена термическая обработка твердого сплава Т5К10. Рассматривалось влияние на такие параметры как твердость, микроструктура и размер зерна [1-3]. Внешний вид образца представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пластина твердого сплава Т5К10

Твердость была замерена двумя методами: методом Виккерса и методом Роквелла. График изменения твердости по методу Виккерса представлен на рисунке 2, по методу Роквелла на рисунке 3. Сравнение твердости методом Роквелла и Виккерса представлено на рисунке 4.



а – исходный;
б – $T = 1150^{\circ}\text{C}$, воздух
в – $T = 1250^{\circ}\text{C}$, воздух, 300
г – $T = 1200^{\circ}\text{C}$, воздух, 400
д – $T = 1250^{\circ}\text{C}$, воздух, 600
е – (аппроксимация) линия тренда

Рисунок 2 – Измерение твердости методом Виккерса

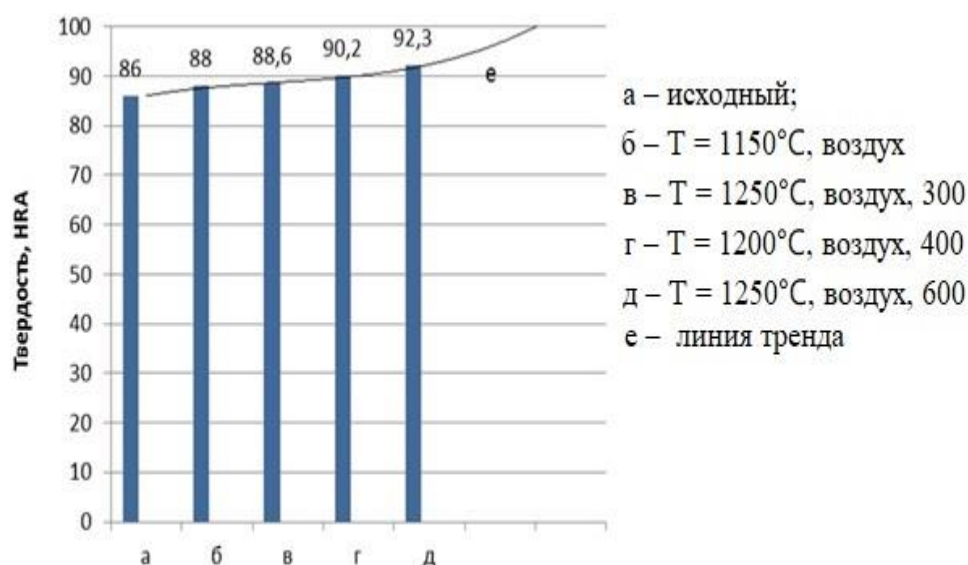


Рисунок 3 – Измерение твердости методом Роквелла

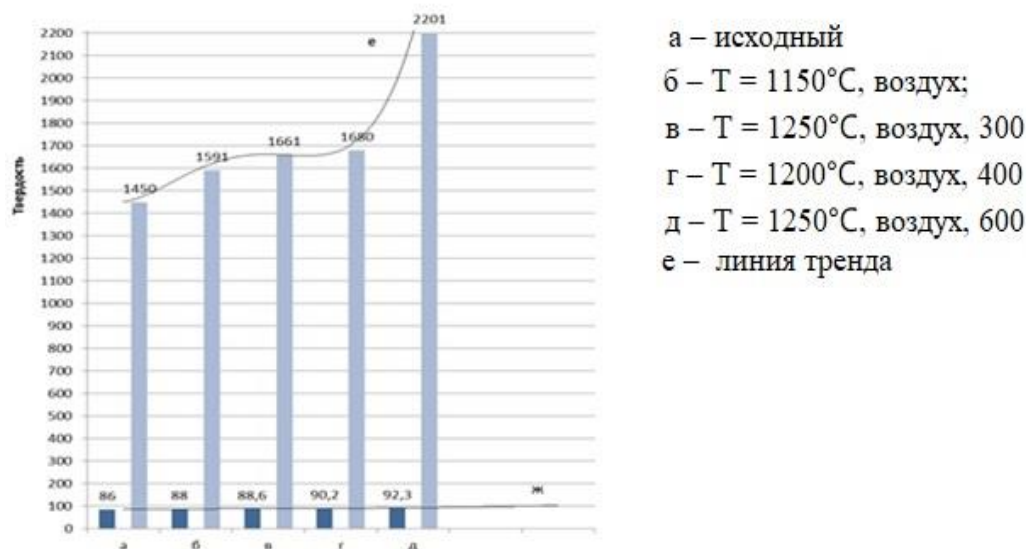
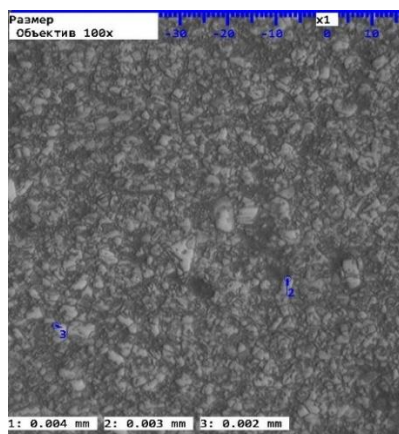
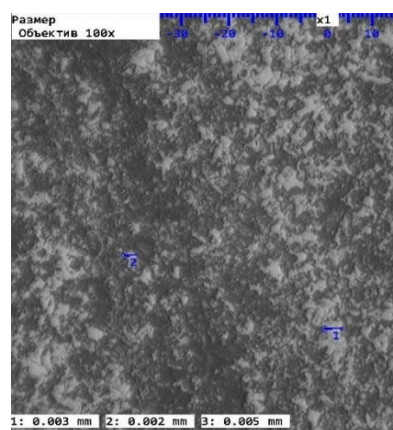


Рисунок 4 – Сравнение измеренной твердости методом Виккерса и Роквелла

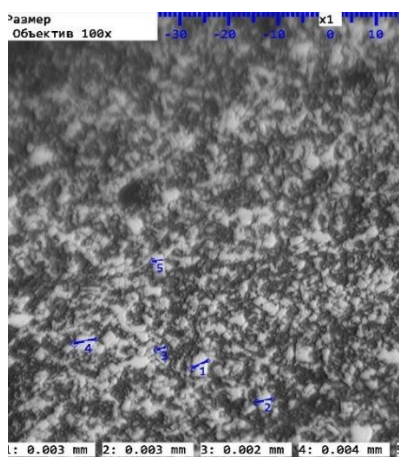
В результате анализов графиков, видно, что твердость Т5К10 после термообработки увеличивается [4-6]. После испытаний на твердость, были проведены исследования на микроструктуру при увеличении 1000, результаты представлены на рисунке 5.



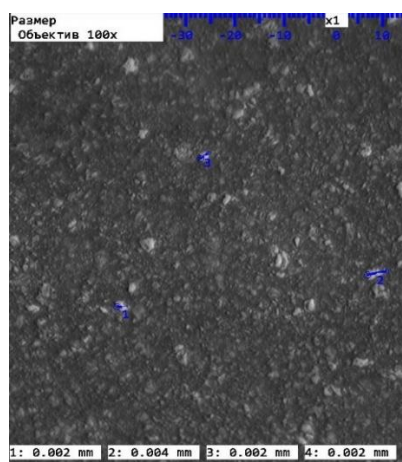
а



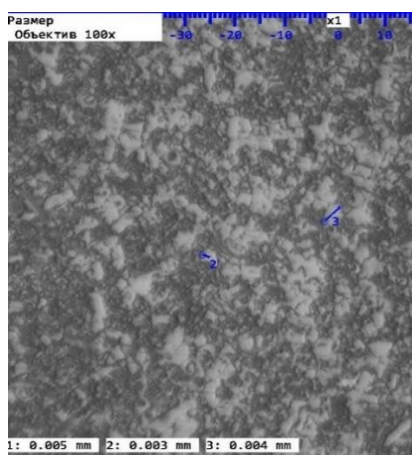
б



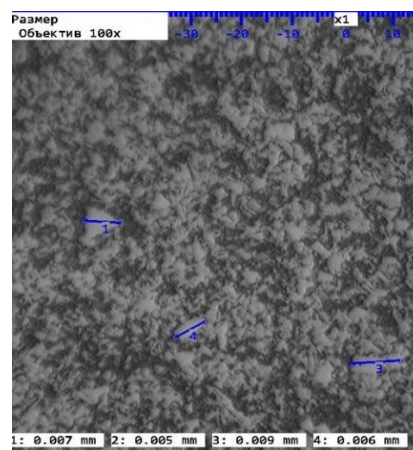
в



г



д



е

а – исходный, размер зерна – 0,003 мм, класс зернистости третий; б – $T = 1150^{\circ}\text{C}$, воздух, размер зерна – 0,005 мм, класс зернистости пятый; в – $T = 1250^{\circ}\text{C}$, воздух, 300, размер зерна – 0,004 мм, класс зернистости четвертый; г – $T = 1200^{\circ}\text{C}$, воздух, 400, размер зерна – 0,003 мм, класс зернистости третий; д – $T = 1250^{\circ}\text{C}$, воздух, 600, размер зерна – 0,006 мм, класс зернистости четвертый; е – $T = 1300^{\circ}\text{C}$, воздух, 600, размер зерна – 0,007 мм, класс зернистости пятый.

Рисунок 5 – Микроструктура твердого сплава Т5К10 после термической обработки

В результате анализа микроструктуры видно, что с увеличением температуры термической обработки происходит изменение микроструктуры и измельчение карбидных включений. На основании проведенных исследований выявлено, что термическая обработка положительно влияет на увеличение твердости и микроструктуру.

Список литературы

- 1 Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: учеб. пособие для вузов / В. С. Панов, А. М. Чувилін. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.
- 2 Киффер, Р. Твердые сплавы / Р. Киффер, П. Шварцкопф. – М.: Металлургиздат, 1957. – 664 с.
- 3 Креймер, Г. С. Прочность твердых сплавов / Г. С. Креймер. – М.: «Металлургия», 1971. – 247 с.
- 4 Панов, В. С. Научные положения регулирования свойств спеченных твердых сплавов / В. С. Панов, В. К. Нарва // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. – № 6. – С. 25–29.
- 5 Шмыков, А. А. Справочник термиста: издание второе / А. А. Шмыков. – М.: Книга по требованию, 2012. – 290 с.
- 6 Бондаренко, В. А. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов: / В. А. Бондаренко, С. И. Богодухов. – М.: Машиностроение, 2000. – 144 с.

О ТРУДНОСТЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Смольский Ю.А., Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Целью исследования является решение проблемы о трудностях автоматизации процесса гидравлических испытаний исполнительных механизмов, которое заключается в разработке эффективных методов и технологий, направленных на оптимизацию и автоматизацию испытаний исполнительных механизмов.

В качестве объекта исследования рассматриваются производственные процессы гидравлических испытаний исполнительных механизмов. Предметом исследования выступает оптимизация методов испытаний, что позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на проведение проверок, а также повысить их точность и воспроизводимость результатов.

Автоматизация процесса гидравлических испытаний исполнительных механизмов является важным этапом в обеспечении надежности и безопасности современных технических систем. По ходу данного процесса производится ряд мероприятий, способствующих повышению точности измерений, оптимизация сроков испытания и снижение риска человеческих ошибок.

Современные технологии позволяют применять автоматизированные системы, которые адаптируются с существующими аппаратными и программными решениями. Подразумевается автоматическое управление насосами, измерение и контроль давления и температуры, в том числе сбор и анализ данных в реальном времени. Использование датчиков и интеллектуальных алгоритмов обработки информации представляет высокую степень контроля и диагностики состояния испытательных объектов.

Повышение оптимизации автоматизации не только увеличивает производительность испытаний, но и предоставляет возможность проводить многоуровневый анализ данных для выявления скрытых дефектов и оптимизации эксплуатационных характеристик. Таким образом, предприятия могут значительно повысить квалификацию своих работ, обеспечивая надежную и безопасную эксплуатацию исполнительных механизмов, что является ключевым фактором для успешного функционирования всех отраслей экономики.

Гидравлические испытания – наиболее распространенный вид неразрушающего контроля, проводящийся с целью проверки прочности и герметичности такого оборудования как: форсунки, дроссель, ручной гидравлический пресс, поршневые насосы с механическим приводом, шестерёнчатые гидромашины.

Испытание на герметичность – операция, осуществляемая для определения микронеплотностей в основном металле и неразъемных соединениях, и

микротрещин в разъемных соединениях, которые находятся под давлением контрольного газа, с последующим выявлением величины утечки.

Методы испытаний на герметичность проводятся разными способами: масс-спектрометрический, манометрический, пузырьковый, галогенный и т.д. Они распределяются по принципу регистрации пробного вещества, типу контрольно-измерительного оборудования и условиям реализации методов.

Испытания изделий на герметичность осуществляют давлением воздуха или инертного газа. До этого они обязательно должны быть проверены на прочность. Если в процессе испытания воздухом окажется, что соединения корпуса недостаточно прочны, то может произойти их разрыв с разрушительными последствиями, поэтому для испытаний изделий на прочность используют воду или контрольную жидкость. Применение жидкости при гидравлических испытаниях обусловлено почти полной ее несжимаемостью, что исключает возможность взрыва при недостаточной прочности испытуемого изделия.

На этапе подготовки испытания следует стремиться того, чтобы контрольная жидкость в детали находилась минимально возможное время в статическом состоянии. При производственных задержках в работах по испытанию, приводящих к превышению принятого в расчете времени испытания, следует возобновить прокачку контрольной жидкости. Разрешено проводить прокачку жидкости в промежутках между испытаниями на прочность и герметичность, а также в период, когда деталь находится не под испытательным давлением.

После испытания корпуса из него удаляется контрольная жидкость в определённой последовательности:

- первый этап – предварительный слив жидкости под давлением газа через патрубки, заранее установленные в местах закачки жидкости;
- второй этап – продувка корпуса давлением газа или воздуха.

Результат испытаний оценивается удовлетворительным, если в ходе их проведения отсутствуют:

- падение давления по манометру;
- пропуски испытательной среды (течь, потение, пузырьки воздуха или газа) в сварных соединениях и на основном металле;
- признаки разрыва;
- течи в разъемных соединениях;
- остаточные деформации.

Дефекты, выявленные и отмеченные при осмотре корпуса, следует устранить после снижения избыточного давления в изделии до нуля. После устранения дефектов должно быть произведено повторное испытание.

Для повышения производительности насосных агрегатов испытания, проводимые на производственном заводе, оказываются недостаточными. По окончании монтажных работ насосные установки проходят дополнительные испытания, такие как: обкатка, доводочно-наладочные испытания, предварительные испытания и основные.

Испытания, проводимые на этапе обкатки, осуществляются после монтажа или ремонта, для обеспечения готовности оборудования и трубопроводов к

запуску. После запуска насосного агрегата, проводится проверка герметичности всех его систем, а также оценивается качество сборки и монтажа привода.

Доводочно-наладочные испытания предназначены для обнаружения и устранения недостатков в функционировании насосного устройства. Полученные результаты применяются для соответствия агрегата установленным техническим требованиям.

Предварительные испытания осуществляются с целью оценки функционирования насосного оборудования, а также для обнаружения и исправления неисправностей.

Основные испытания позволяют установить реальные значения ключевых характеристик насосного агрегата при различных режимах работы. Итогом этих испытаний являются его характеристики в режиме работы, кавитации и запуска, а также информация о реальных затратах в системах, предназначенных для смазки и охлаждения.

Наиболее наукоемкими являются основные испытания. Они предоставляют данные о реальных особенностях насосного агрегата в заданный момент времени, что, с одной стороны, помогает планировать режимы перекачки с минимальными энергозатратами, а с другой - позволяет своевременно обнаруживать скрытые неисправности и устранять их.

Существует стандарт ГОСТ 6134-87, который регламентирует «Насосы динамические. Методы испытаний». Согласно ему, оценку характеристик следует проводить в пределах подачи, начиная с 0 до $1,1Q_{ном}$. Количество режимов должно составлять не менее 16. Измерения параметров следует проводить только в условиях установившегося режима перекачки, при этом необходимо поддерживать постоянную частоту вращения вала насоса и стабильные свойства перекачиваемой жидкости.

В практических условиях, когда требуется осуществлять плановую перекачку, обеспечить такое множество режимов работы оказывается весьма сложной задачей. Поэтому количество режимов функционирования отдельных насосов будет зависеть от того, сколько разных режимов удастся создать для магистрального трубопровода, который снабжает нефтеперекачивающая станция. Такой вариант допустим, учитывая внутренние цели проведения испытаний.

Параметры измеряемые в ходе испытаний центробежного насоса: давление на входе и выходе насоса (манометры МТИ класса точности не более 1,0); подача (расходомеры узла учета или переносные (накладные) ультразвуковые расходомеры); потребляемая мощность (переносные комплекты типа К-506 класса точности 0,5); частота вращения ротора (датчик частоты вращения или переносной строботачометр класса точности 0,5); температура перекачиваемой жидкости (термометры с ценой деления не менее 0,5 °С).

Один из примеров автоматизированных гидравлических стендов для обкатки и испытания маслоагрегатов и гидравлических насосов изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Стенд для обкатки и испытания маслоагрегатов и гидравлических насосов, устанавливаемых на мощные двигатели внутреннего сгорания и редукторы

Автоматизация процесса испытаний позволяет использовать различные автоматические системы для измерения параметров, обработки данных и выдачи результатов без участия человека. Это помогает снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций во время испытаний, ускорить подготовку к ним, проведение самих испытаний и последующих мероприятий, а также исключить ошибки, связанные с человеческим фактором.

Арматура стендов должна быть оснащена системой аварийного отключения двигателя и прекращения подачи рабочего тела. Система должна иметь несколько независимых пультов, дублирующих друг друга и расположенных в разных помещениях, связанных между собой средствами связи. Также необходимо предусмотреть автоматическую систему аварийного отключения, которая будет реагировать на резкое падение давления в магистралях и другие подобные ситуации.

Необходимость в автоматизации лабораторных установок или испытательных стендов может возникнуть на различных этапах их жизненного цикла. Оптимальным решением будет запланировать автоматизацию на самом раннем этапе, когда проект лишь существует в виде концепций, записанных на бумаге. Однако в реальности чаще встречаются случаи, когда стенд или установка уже функционируют и успешно исполняют свои задачи. При этом иногда оказавшееся устаревшим «железо» комплекса оснащено давно морально и физически устаревшими средствами контроля и измерения, а управление осуществляется с помощью примитивных методов. Получение результатов на таких системах требует значительных трудозатрат и обширного рабочего времени. Автоматизация на таких стендах зачастую требует не просто замены устаревшего кон-

троля и управления на более современные технологии, но и пересмотра алгоритмов управления, сбора и обработки информации, а также формирования управляющих решений на основе новых данных.

Все современные технологии обладают общим принципом функционирования, который заключается в том, что центральным элементом, где аккумулируется вся информация с стенда, является компьютер. Он выполняет обработку данных и формирует управляющие сигналы. Таким образом, задача автоматизации стенда делится на несколько стандартных этапов:

- 1) получение компьютером данных со стенда по интересующим параметрам;
- 2) выполнение различных действий с полученной информацией, таких как расчет определенных характеристик;
- 3) создание управляющего сигнала и его передача на стенд;
- 4) преобразование этого управляющего сигнала в конкретные физические действия, например, включение или отключение элемента, переключение на другой режим и так далее.

Настройка нужных характеристик и снятие проб показаний при работе автоматизированного гидравлического стенда способом компьютерных измерений приведено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Настройка пусконаладочных работ с применением компьютерных технологий работником производства

Основываясь на вышеизложенное, можно сделать вывод, что автоматизация процесса гидравлических испытаний исполнительных механизмов становится критически важной для повышения качества конечной продукции. Это позволяет не только ускорить производственные циклы, но и минимизировать человеческий фактор, что ведет к снижению числа дефектов и повышению надежности изделий. В результате, автоматизация способствует достижению более высоких стандартов качества и удовлетворению растущих требований рынка.

Список литературы

1 ОСТ 92-4291–74. Методы гидравлических и пневматических испытаний изделий на прочность и герметичность. Общие положения. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2 Испытания на прочность и проверка на герметичность [Электронный ресурс] //Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Очистка полости и испытание. URL: http://www.znaytovar.ru/gost/2/VSN_01188_Stroitelstvo_magistr.html (дата обращения: 13.01.2025).

3 Испытания аппаратов на прочность и герметичность [Электронный ресурс] //Справочник химика 21. Химия и химическая технология. URL: <http://chem21.info/info/1511534/> (дата обращения: 13.01.2025).

4 Испытания на прочность и проверка на герметичность. [Электронный ресурс] //Икапласт. Трубный завод. URL: http://icaplast.ru/docs/tech/page_159/ (дата обращения: 13.01.2025).

5 Испытания на прочность и проверка на герметичность. [Электронный ресурс] //Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. URL: <http://zakonbase.ru/content/part/462552?print=1> (дата обращения: 13.01.2025).

6 Яременко, О. В. Испытания насосов / О. В. Яременко. – М. : Машиностроение, 1976.

7 Яцуненко, В. Г. Стендовые испытания жидкостных ракетных двигателей : учеб. пособие / В. Г. Яцуненко, В. П. Назаров, А. И. Коломенцев; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т; Моск. авиац. ин-т. – Красноярск, 2016. – 248 с.

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

**Сопчинская О.И., Шерстобитова В.Н., канд.техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Любой контроль основан на измерении. Системы автоматического контроля являются важнейшей частью системы управления качеством на машиностроительном заводе. Затраты на контроль в некоторых отраслях превышают 50 % от себестоимости продукции. В металлообрабатывающей промышленности они составляют 8 % – 15 % затрат производства. Например, при изготовлении поршневого авиационного двигателя выполняют 120 тыс. операций, из которых 50 тыс. операций – контрольно-измерительные [1].

Контроль должен охватывать весь технологический процесс для предупреждения пропуска дефектных объектов контроля (заготовок, деталей и сборочных единиц). Кроме того, контроль должен предусматривать получение информации для регулирования технологического процесса. Контроль технологического процесса предусматривает проверку соответствия режимов и других показателей технологического процесса установленным требованиям [1].

Целью исследования является улучшения контроля качества за счёт автоматизации контрольно-измерительных операций.

Автоматический контроль – это контроль изделия и (или) технологического процесса, при котором управление процессом осуществляется без непосредственного участия человека. Контроль может осуществляться путем оценки каждого в отдельности элемента контролируемого объекта (элементный контроль) или одновременной оценки комплекса элементов, определяющих его качество (комплексный контроль) [2, 3].

Автоматический контроль устанавливает соответствие между состоянием объекта контроля и заданной нормой. Автоматический контроль освобождает человека от утомительных рутинных операций. При автоматическом контроле отклонения за пределы установленной нормы вызывают предупредительный, аварийный или другие сигналы.

В зависимости от результатов воздействия на технологический процесс методы контроля можно разделить на активные и пассивные [2].

Активные методы контроля предполагают непосредственное воздействие на технологический процесс с целью получения информации о его состоянии.

Эти методы могут включать:

- измерения в процессе обработки включают использование датчиков и измерительных устройств, которые могут в реальном времени отслеживать параметры обработки (например, температуру, давление, вибрацию и т.д.); это позволяет оперативно корректировать параметры процесса для достижения требуемого качества;

– автоматизированные системы управления используют алгоритмы и программное обеспечение для анализа данных, полученных от сенсоров, и принятия решений о необходимости изменения условий обработки; это может включать автоматическую регулировку скорости подачи, температуры и других параметров;

– контроль на основе моделей позволяет использование математических моделей для прогнозирования поведения системы в зависимости от различных условий; при наличии отклонений от ожидаемых значений система может автоматически вносить изменения в процесс.

Пассивные методы контроля, в отличие от активных, не предполагают вмешательства в технологический процесс. Они основаны на наблюдении и анализе данных, полученных в процессе работы [1].

Эти методы могут включать:

а) периодические измерения проводятся в заранее определенные моменты времени, например, после завершения определенного этапа обработки; данные собираются и анализируются для оценки качества продукции;

б) анализ статистических данных использует статистические методы для оценки качества продукции на основе выборочных данных; это может включать контрольные карты и другие инструменты статистического контроля;

в) визуальный осмотр проводится специалистами для выявления видимых дефектов или несоответствий в готовой продукции; этот метод требует наличия квалифицированных работников и может быть субъективным;

г) тестирование и испытания включает проверку готовой продукции на соответствие установленным стандартам и спецификациям; это может быть как разрушающее, так и неразрушающее тестирование.

Автоматизация контроля точности обработки деталей решает ряд ключевых проблем, связанных с производственными процессами:

1 увеличение точности и качества продукции: автоматизированные системы контроля позволяют более точно измерять геометрические параметры деталей, что снижает вероятность брака и повышает качество конечной продукции;

2 снижение времени на контроль: автоматизация ускоряет процессы измерения и контроля, что позволяет сократить время, затрачиваемое на проверку деталей, и увеличить общую производительность;

3 минимизация человеческого фактора: исключение или уменьшение участия человека в процессе контроля снижает риск ошибок, связанных с субъективностью и усталостью оператора;

4 обеспечение постоянного мониторинга: автоматизированные системы могут работать в режиме реального времени, обеспечивая постоянный контроль за процессом обработки, и позволяя оперативно выявлять отклонения от заданных параметров;

5 улучшение обратной связи: системы автоматизации могут предоставлять данные о качестве обработки в режиме реального времени, что позво-

ляет быстро реагировать на проблемы и вносить коррективы в производственный процесс;

6 снижение затрат: автоматизация контроля позволяет сократить затраты и уменьшить количество отходов, связанных с браком, что в итоге снижает общие производственные затраты;

7 повышение безопасности: современные системы автоматизации могут обеспечить более безопасные условия труда, так как снижают необходимость ручного вмешательства в потенциально опасные процессы;

8 интеграция с другими системами: автоматизированные системы контроля могут быть интегрированы с другими производственными системами (например, ERP или MES), что позволяет создать единое информационное пространство и улучшить управление производством;

9 анализ данных и прогнозирование: автоматизация контроля позволяет собирать и анализировать большие объемы данных, что способствует выявлению тенденций и проблем, а также позволяет прогнозировать возможные неисправности и улучшать процессы;

10 соблюдение стандартов и нормативов: автоматизированные системы контроля помогают обеспечить соответствие продукции установленным стандартам и нормативам, что особенно важно в отраслях с высокими требованиями к качеству, таких как авиационная, автомобильная и медицинская [1].

Активные методы контроля, такие как непрерывные измерения и автоматизированные системы, обеспечивают оперативное реагирование на отклонения в процессе обработки, позволяя производителям поддерживать заданные параметры и минимизировать количество бракованных изделий. В то же время, пассивные методы, включая периодические измерения и визуальный осмотр, остаются важными для комплексной оценки качества и выявления долгосрочных тенденций.

Интеграция автоматизированных систем контроля с другими производственными процессами, такими как управление ресурсами и планирование, позволяет создать единое информационное пространство, что способствует более эффективному управлению производством в целом. В условиях стремительного развития технологий и растущих требований к качеству продукции, автоматизация контроля точности обработки деталей становится не просто желательной, а необходимой для обеспечения конкурентоспособности на рынке [4].

В результате обзора современных решений для автоматизации контроля точности обработки деталей, выявлено, что контроль изделия играет ключевую роль в обеспечении качества продукции и повышении эффективности производственных процессов. Автоматизация контроля позволяет значительно снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечить более высокую степень точности измерений благодаря использованию современных датчиков, автоматизированных систем управления и математических моделей [5].

Таким образом, внедрение современных решений для автоматизации контроля точности обработки деталей представляет собой стратегически важный шаг для предприятий, стремящихся к повышению качества, снижению затрат и улучшению производственных показателей.

Список литературы

- 1 Баранов, В. И. Автоматизация контроля качества в машиностроении / В. И. Баранов. – М.: Машиностроение, 2019. – 320 с.
- 2 ГОСТ Р 50779.42-99. Системы автоматизации. Общие требования к автоматизированным системам контроля и управления. – М.: Издательство стандартов, 1999.
- 3 Федоров, Д. В. Применение современных технологий для автоматизации контроля точности в машиностроении / Д. В. Федоров // Машиностроение. – 2021. – № 4. – С. 45-52.
- 4 Кузнецов, А. А. Современные методы автоматизации контроля точности обработки деталей / А. А. Кузнецов. – СПб.: Политехника, 2020. – 250 с.
- 5 Петров, С. Н. Интеллектуальные системы контроля качества в производстве / С. Н. Петров. – Казань: Казанский университет, 2022. – 300 с.

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫМ РЕЖИМОМ ПОМЕЩЕНИЯ АРХИВА

**Столыпина М.А., Проскурин Д.А., доцент, канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Целью проведенного исследования является повышение эффективности управления температурно-влажностным режимом помещения архива.

Объект исследования – системы управления микроклиматом помещения архива. Предмет исследования – методы, алгоритмы и модели организации автоматизированного управления микроклиматом помещения архива.

Архив – это важное помещение или комплекс помещений, где обеспечивается хранение документов долгосрочного и постоянного хранения, представляющих историческую, социально-правовую, производственную ценность. Соблюдение условий хранения документов в архиве играет существенную роль в долговечности и сохранности документов. Поддержание микроклимата помещения (температуры и влажности воздуха) – один из важнейших аспектов, оказывающих влияние на сохранность документов.

Излишняя температура и влажность воздуха ускоряют химические процессы, разрушающие бумагу и приводящие к ее деформации. Слишком низкая температура и сухой воздух также снижают качество бумаги, она становится хрупкой. Оптимальные климатические условия продлевают жизненный цикл бумажных документов на долгие годы.

Система кондиционирования архива должна соответствовать параметрам:

- поддерживать температуру воздуха от 17 °С до 19 °С;
- сохранять оптимальную влажность воздуха от 50 % до 55 %;
- в течении 24 часов и на протяжении всего года максимально точно поддерживать заданные параметры;
- быть максимально надежной, без перебоев в работе;
- иметь высокую энергоэффективность [1].

Параметры микроклимата формируются в результате воздействия на помещение наружной среды, технологического процесса в помещении и систем отопления-охлаждения и вентиляции или кондиционирования воздуха.

Факторы, воздействующие на параметры микроклимата помещения архива, представлены на рисунке 1.

Наружная среда оказывает влияние на микроклимат помещения через внутренние перегородки и ограждающие строительные конструкции.

Известно о влиянии технологического процесса на формирование микроклимата. При таком процессе в помещении выделяются влага, пыль, газы, что оказывает воздействие на формирование температуры и состава воздуха.

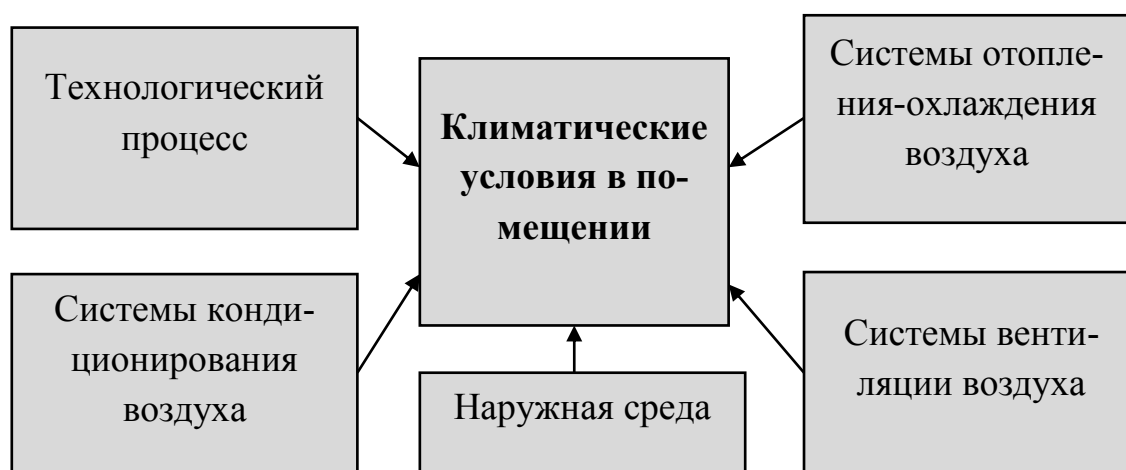


Рисунок 1 – Факторы, воздействующие на параметры микроклимата помещения

Системы обеспечения формируют микроклимат помещения, при этом снижают негативное воздействие внешней среды и техпроцесса. Федеральный закон от 22 октября 2004 года №125-ФЗ «Об архивном деле в Российской Федерации» регламентирует требования к помещению архива. Данный закон лег в основу «Правил организации хранения, комплектования, учёта и использования документов Архивного фонда Российской Федерации и других архивных документов в государственных и муниципальных архивах, музеях и библиотеках, научных организациях», утверждённых приказом Росархива от 02 марта 2020 года № 24.

Микроклимат помещения архива – это состояние внутренней среды помещения, которое оказывает влияние на человека и документы архива. Он характеризуется показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха [2].

Автоматизированные системы управления микроклиматом базируются на использовании микроконтроллеров. Основными микроконтроллерами являются Siemens Logo и Pixel [5].

Принцип работы таких систем заключается в замене механического реле на электронный (так называемый «программируемый выключатель»), который чётко задаёт основные параметры работы по заранее заданному алгоритму. Электронный терморегулятор включает в себя основной блок и датчик температуры, который подаёт сигналы о понижении или увеличении заданной температуры в системе.

Управление радиаторами отопления в АСУ помещения осуществляется с электронными термоголовками с встроенными микропроцессорами. В таких устройствах появляются дополнительные функции, такие как управление температурой по времени или по дням недели. Работает термоголовка от батареек. Необходимо постоянно контролировать уровень заряда батареек, при этом его хватает на достаточное время.

Выделим преимущества таких автоматизированных систем управления температурой: возможность точного поддержания параметров температуры в заданных пределах и относительно невысокая стоимость.

Недостатки: неправильное регулирование микроклимата в соответствии с заранее установленными алгоритмами; необходимость обновления этих алгоритмов при любых изменениях в условиях работы системы или при введении новых компонентов в процесс управления.

В настоящее время системы обеспечения микроклимата помещения (СОМ) и системы автоматизированного управления (САУ) неразрывно связаны и невозможно представить СОМ без интеграции с САУ. Преимущества САУ показаны на рисунке 2.

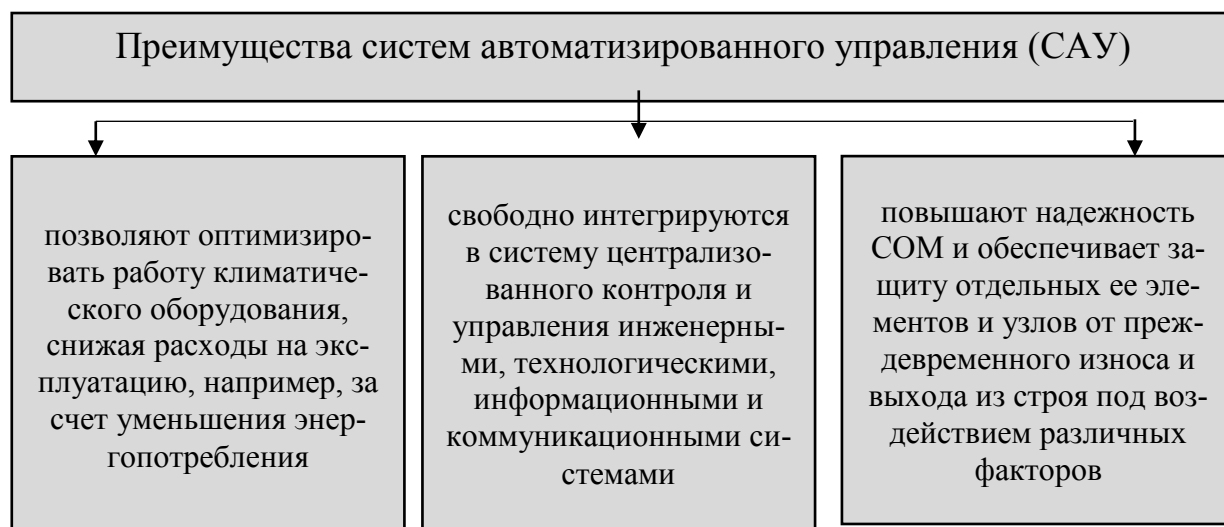


Рисунок 2 – Преимущества систем автоматизированного управления

Снижение уровня энергопотребления в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (СОМ) является приоритетной задачей. Это подчеркивает необходимость внедрения энергоэффективного оборудования, а также реализации организационных мероприятий и современных технологий для оптимизации обработки воздуха.

К энергосберегающему оборудованию, применяемому в системах кондиционирования (СКВ) и вентиляции (СВ), можно отнести установки тепловых насосов (ТНУ) и рекуперативные или регенеративные устройства для утилизации тепла [3].

В системах вентиляции применяют частотное управление мощностью вентилятора, а также байпасирование, чтобы адаптировать воздухообмен в помещении в зависимости от концентрации различных загрязняющих веществ в воздухе, таких как тепло, углекислый газ, влага, пыль и другие факторы.

Кроме того, в повышении энергоэффективности зданий и помещений важную роль играют организационные энергосберегающие мероприятия, включая:

- автоматизированные процессы регулирования температуры, которые зависят от времени суток или дня недели;

- прерывистое охлаждение и отопление;
- прерывистая вентиляция;
- учет способности воздуха в помещении к накоплению тепла;
- учет теплоаккумулирующих характеристик строительных конструкций и другие подобные факторы [4].

Эти мероприятия способствуют более разумному использованию энергетических ресурсов, что, в свою очередь, может значительно снизить общие затраты на энергоснабжение помещений и оптимизировать климатический комфорт внутри зданий.

С увеличением использования сложных систем управления возникли значительные разногласия между разработчиками систем управления и проектировщиками автоматических систем в отношении поставленных задач и их интерпретации. В результате этого случается неэффективное использование дорогостоящего оборудования.

Для решения данной проблемы необходимо разработать универсальное многофункциональное решение для автоматизированного управления системами, обеспечивающими микроклимат. Это решение должно включать комбинацию технологий, способствующих энергосбережению, организационных мер и оборудования, осуществляющего энергосбережение, которые предполагается внедрить в системы управления.

Возможны два варианта алгоритма, при котором энергопотребление СОМ будет оптимальным:

- при определенных внешних параметрах климата и микроклимата самого помещения система выбирает один из заранее просчитанных алгоритмов управления СОМ;
- система управления сама просчитывает всевозможные комбинации схемных решений и только потом выбирает те, которые способствуют достижению поставленной цели.

Если предпочтителен первый вариант, то потребуется создать многоуровневую систему алгоритмов, включающую множество разнообразных вариантов.

Во втором сценарии система будет иметь возможность самостоятельно разрабатывать алгоритмы управления, основываясь на заданной целевой функции (например, оптимизация расхода энергии). Система управления анализирует данные от сенсоров (датчиков), которые фиксируют состояние окружающей среды и текущее положение самой системы автоматизированного управления (САУ). Она рассчитывает все возможные варианты решений и выбирает наиболее эффективный алгоритм для достижения заданной цели. Алгоритм действий и цели функционирования системы могут изменяться в зависимости от внешних факторов и поставленной задачи. В конечном итоге, такая система управления может развиваться в интеллектуальную систему управления (ИСУ) [3].

Очевидно, что адаптация интеллектуальной системы управления (ИСУ) возможна исключительно в процессе работы системы управления объектами (СОМ). В момент запуска СОМ, ИСУ функционирует по принципу системы автоматизированного управления (САУ), следуя строго заданному алгоритму, ко-

торый изначально заложен в память устройства. С течением времени управление развивается в интеллектуальном направлении, поскольку начинает применять данные мониторинга, собранные в «базе знаний». Накопленные сведения и «опыт» системы со временем преобразуются в закономерности изменений факторов, влияющих на ключевые параметры микроклимата, такие как температура, влажность и концентрация CO₂. Эти закономерности обрабатываются в виде матриц или зависимостей, что позволяет ИСУ предсказывать параметры микроклимата самостоятельно. Если результаты работы системы соответствуют ее целям, ИСУ сохраняет алгоритм для будущего применения при аналогичных внешних условиях. Таким образом, происходит эволюция ИСУ.

Эффективность и надежность ИСУ в управлении микроклиматом зависят от полноты информации, получаемой от датчиков, использования качественного оборудования, а также плавности и глубины регулирования его производительности [6].

Можно утверждать, что для успешного функционирования интеллектуальной системы управления необходимо наличие достаточного количества разнообразных датчиков (например, термометров, гигрометров, датчиков уровня CO₂ и др.) и исполнительных элементов (таких как сервоприводы, серводрайверы и прочее), предназначенных как для системы управления микроклиматом, так и для мониторинга внешних условий.

Таким образом, с увеличением сложности системы обеспечения микроклимата (расширение схемных решений) и усложнением управления (переход от систем автоматизированного управления к интеллектуальным системам управления) возрастает эффективность системы за счет новых функциональных возможностей, которые каждая из её составляющих не может предоставить по отдельности – это и есть проявление эффекта эмерджентности. В результате, с технической точки зрения формируется более комплексная и усовершенствованная система обеспечения микроклимата, отличающаяся от традиционных климатических систем более высокой гибкостью, экономичностью и эффективностью.

Список литературы

1 Российская Федерация. Законы. Об архивном деле в Российской Федерации : федер. закон : [принят Гос. Думой 1 октября 2004 г.: одобр. Советом Федерации 13 октября 2004 г.]. – 4-е изд. – Москва : Центрмэг, 2023. – (Актуальный закон). – ISBN 978-5-903030-41-5.

2 ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Взамен ГОСТ 30494–96; введ. 2013-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 12 с.

3 Кувшинов, Ю.Я. Интеллектуальная система управления процессами формирования микроклимата помещений / Ю.Я. Кувшинов, Р.Ш. Мансуров // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2011. – № 8. – С. 7-16.

4 Мансуров, Р.Ш. Экспериментальное исследование переходных процессов в системах обеспечения микроклимата / Р.Ш. Мансуров // Вестник МГСУ. – 2011. – № 7. – С. 383-388.

5 Токарева, В.В. Разработка системы мониторинга и управления микроклиматом помещения / В.В. Токарева, А.А. Першина // Вест. Балт. федер. ун-та им. И. Канта. Сер., Физико-математические и технические науки. – 2022. – № 1. – С. 45-54.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛИ Р6М5 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, доцент,

Кириленко А.С., канд. техн. наук, Бикмаев Р.Х.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Отечественный режущий инструмент из быстрорежущих сталей Р6М5, Р18 не обеспечивает выполнение возросших в последние годы технических требований. В связи с непрерывным ужесточением условий эксплуатации инструментов остро встает необходимость разработки новых способов их изготовления и упрочнения с повышенным уровнем свойств. Одним из перспективных способов поверхностного упрочнения быстрорежущих сталей является лазерная обработка (без оплавления поверхности или с минимальным оплавлением с целью увеличения глубины зоны лазерного воздействия с пониженным значением микротвердости) [1].

Специфические свойства быстрорежущих сталей обусловлены легированием такими компонентами, как вольфрам, молибден, ванадий, хром, затрудняющими диффузионные процессы и распад мартенсита.

Для реализации процесса лазерной заковки применяли образцы быстрорежущей стали марки Р6М5, вырезанных из сверл Р6М5, диаметром 13,5 мм и 22,5 мм. Образцы до процесса лазерной обработки представлены на рисунке 1. Лазерную заковку выполняли с оплавлением поверхности.



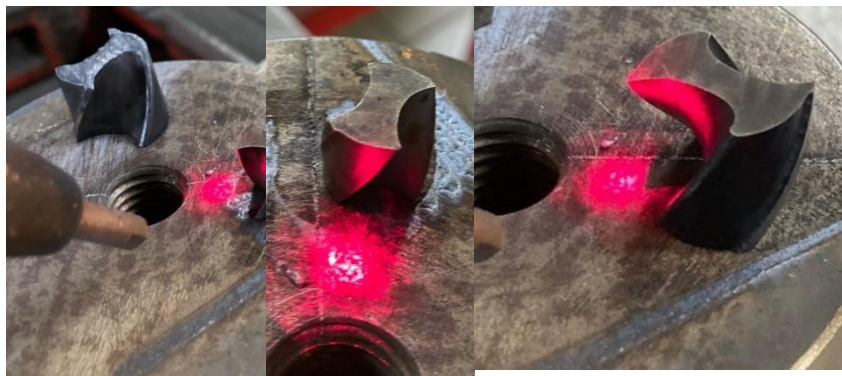
Рисунок 1 – Образцы до лазерной наплавки

Процесс лазерной заковки представлен на рисунке 2. Режимы лазерной заковки представлены в таблице 1.

Лазерная обработка проводилась на иттербиевом волоконном лазерном комплексе ЛС-2, мощностью до 2 кВт.

Анализ макро- и микроструктуры, измерение микротвердости быстрорежущей стали в зоне упрочнения выполняли по поперечным металлографическим микрошлифам приготовленным по стандартной методике.

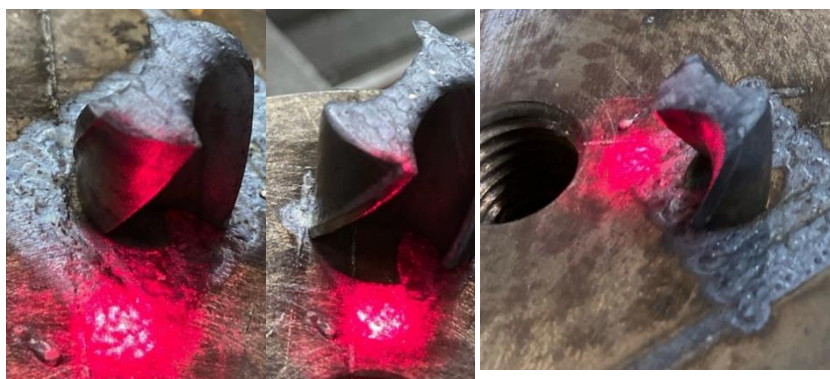
Наименование	Мощность, Вт	Скорость перемещения лазерного пучка, мм/с	Шаг перекрытия, мм	Диаметр луча, мм
Значение	1200	33,33	1	2



а

б

в



г

д

е

Таблица 1 – Режимы лазерной закалки

Образцы: а), б), в) до лазерной закалки

г), д), е) после лазерной закалки.

Рисунок 2 – Образцы до и после лазерной закалки

Так как при лазерной обработке различные слои быстрорежущей стали нагреваются до разных температур, то в общем случае формируется зона лазерного воздействия со слоистым строением. На рисунке 3 представлена схема зоны лазерного воздействия согласно [1].

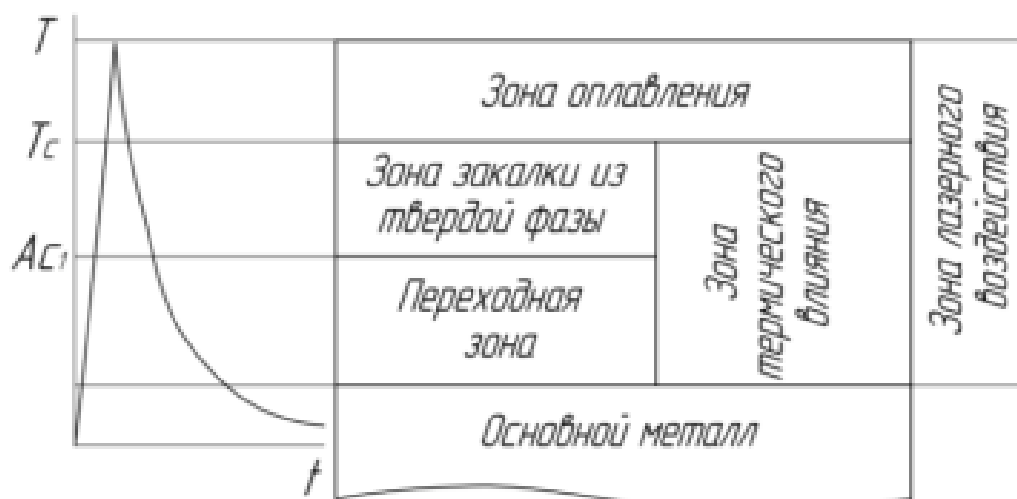


Рисунок 3 – Строение зоны лазерного воздействия

Структура зоны термического влияния лазерного излучения на быстрорежущую сталь Р6М5 приведена на рисунке 4.

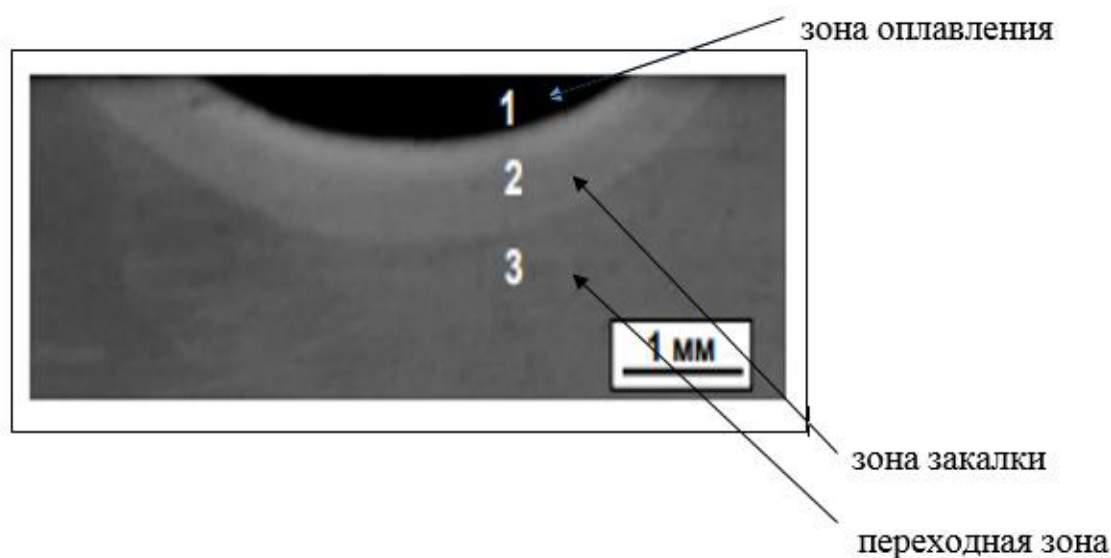


Рисунок 4 – Поперечный микрошлиф Р6М5

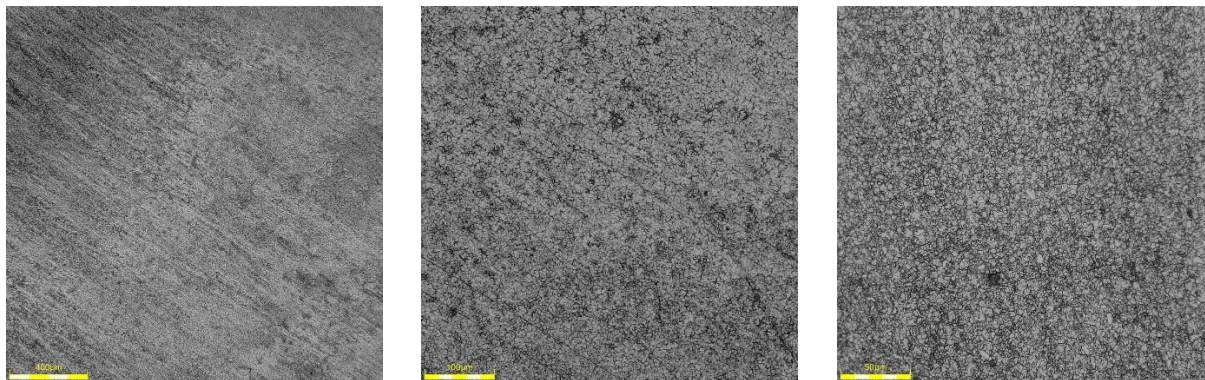
Зона оплавления образуется из жидкой фазы и имеет ячеистое строение. Основная структурная составляющая – мартенсит + 15-20 % остаточного аустенита. Большая часть карбидной фазы, а иногда и все карбиды растворяются в твердых растворах.

Зона закалки образуется из твердой фазы и отличается повышенной твердостью и структурной неоднородностью по глубине. Состоит из повышенного количества остаточного аустенита, мартенсита и карбидов.

Переходная зона (зона отпуска) имеет пониженную твердость, которая возникает в результате распада мартенсита с образованием троостита (сорбита).

Это позволяет устранить трещинообразование так как происходит релаксация напряжений [2].

На рисунках 5 и 6 представлены микроструктуры стали Р6М5 после лазерной заделки с оплавлением для различных диаметров сверл.



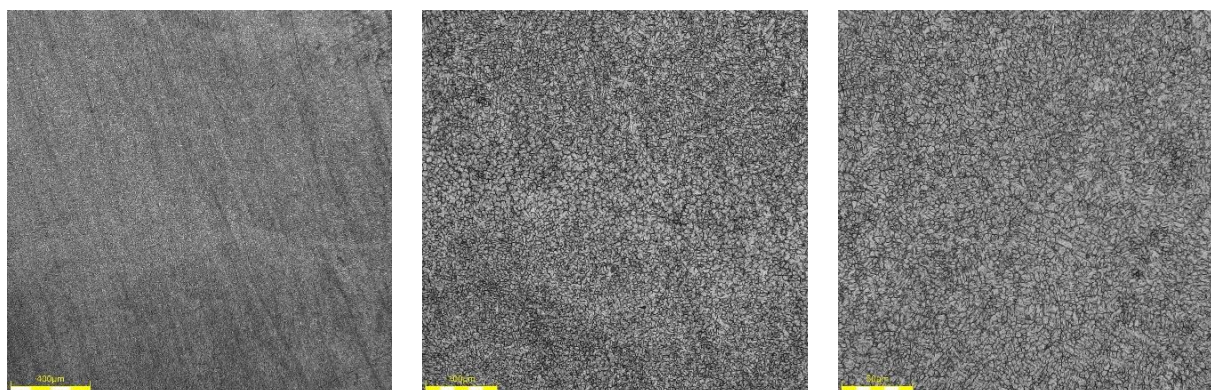
а)

б)

в)

а) $\times 100$; б) $\times 500$; в) $\times 1000$.

Рисунок 5 – Микроструктура образцов стали Р6М5 сверла $\varnothing 22,5$ мм после лазерного упрочнения



а)

б)

в)

а) $\times 100$; б) $\times 500$; в) $\times 1000$.

Рисунок 6 – Микроструктура образцов стали Р6М5 сверла $\varnothing 13,5$ мм после лазерного упрочнения

При анализе результатов лазерной заделки в оплавленной зоне формируется ячеистая структура, состоящая из мартенсита, остаточного аустенита и карбидов. Вторичные карбиды почти полностью растворяются, насыщая твердые растворы мартенсит и аустенит легирующими компонентами и углеродом. В зоне оплавления наблюдается концентрационная неоднородность.

После проведения лазерной заделки измерили твердость образцов и свели данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Твердость образца после лазерной закалки

Точка измерения	1	2	3
Твердость, HRC	Ø22,5		
	56	66	55
	Ø13,5		
	57	62	56
Среднее по 2-м образцам	58,6		

Сравним результаты замеров твердости после лазерной закалки с исходными данными измерения твердости (рисунок 7).

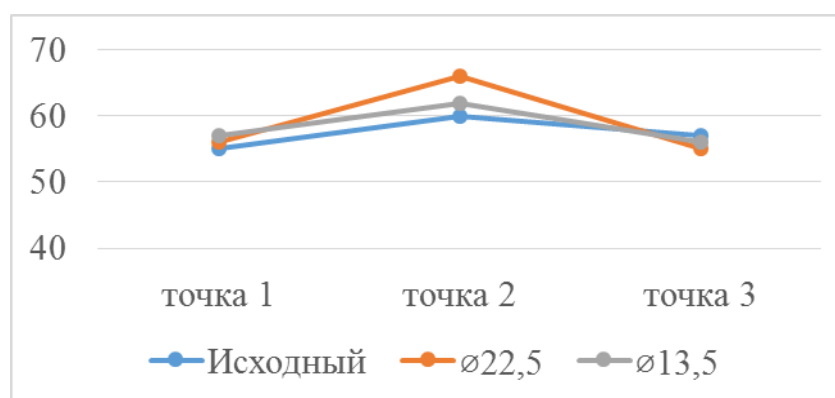


Рисунок 7 – Сравнительный график твердости образцов

Как видно из диаграммы, твердость максимальная исходного образца меньше, чем твердость после лазерной закалки. Образец диаметром Ø22,5 имеет большую твердость, чем образец с Ø13,5.

Подготовленные образцы подвергли испытанию на износ при помощи специальной установки (вид машины представлен на рисунке 8). При трении на чаше из АСЧ 100х90 С22 4 82-0 по времени 10 минут, массу образцов измеряли до и после испытаний на электронных весах ВМ-510Д. Определялся износ двух видов образцов с различной твердостью: в состоянии готового инструмента и после лазерной закалки.

При проведении испытаний образцов стали Р6М5 на износ в разных структурных состояниях после 10-ти минут испытаний, на образцах без лазерной закалки наблюдаются ярко выраженные следы абразивного износа и изменение геометрии. Эту же процедуру испытания, провели с образцами после лазерной закалки.

В таблице 3 и 4 и на рисунках 9 и 10 представлены результаты испытаний на абразивное изнашивание полученных образцов.



Рисунок 8 – Машина для испытаний на износ на алмазном круге

Таблица 3 – Таблица испытаний изнашивания образцов до лазерной закалки

Номер образца	Время воздействия	Вес образца до испытаний (гр.)	Вес образца после испытаний (гр)	Показатель износа (убыли) гр.
1	10 мин	32,27	29,83	2,44
2	10 мин	31,13	29,01	2,12
3	10 мин	34,08	31,68	2,4

Таблица 4 – Таблица испытаний изнашивания образцов после лазерной закалки

Номер образца	Время воздействия	Вес образца до испытаний (гр.)	Вес образца после испытаний (гр)	Показатель износа (убыли) гр.
1	10 мин	31,70	31,32	0,38
2	10 мин	33,86	33,31	0,55
3	10 мин	35,16	34,71	0,45

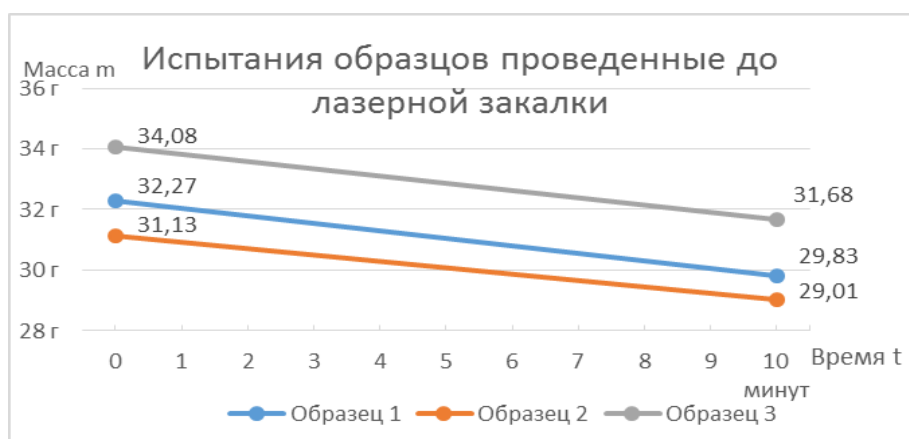


Рисунок 9 – Диаграмма изнашивания образцов до лазерной заправки

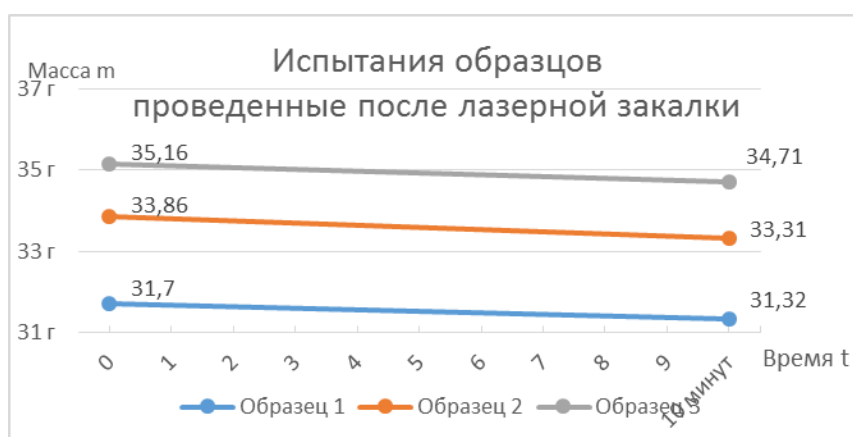


Рисунок 10 – Диаграмма изнашивания образцов после лазерной заправки

При лазерной заправке с оплавлением поверхности почти полностью растворились первичные и вторичные карбиды, насыщая мартенсит и аустенит легирующими компонентами и углеродом. Согласно данным таблиц 3 и 4 и диаграмм 9 и 10 характеристики изнашивания образцов различны.

Улучшенные характеристики абразивной износостойкости по сравнению со стандартной инструментальной быстрорежущей стали Р6М5 приобретает после лазерной заправки с оплавлением поверхности.

Лазерная обработка, проведенная в качестве финишной операции термического упрочнения быстрорежущей стали Р6М5, позволяет существенно изменить структуру и свойства сплава. За счет высокоэнергетического воздействия поверхность модифицированного слоя приобретает аустенитную структуру, с признаками перегрева.

Изменение толщины слоя в сторону уменьшения, за счет снижения интенсивности нагрева поверхности, позволяет избавиться от структурных дефектов в виде оплавленных границ зерен и сохранить на поверхности тонкую аустенитизированную прослойку сплава.

Список литературы

1 Афанасьева, Л.Е. Формирование структуры и свойств быстрорежущей стали при лазерном упрочнении / Л.Е. Афанасьева // Вестник ТвГУ. Серия «Физика». – 2015. – №1. – С.5-20.

2 Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. – М.: МГТУ, 2006. – 664 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Тимошенко Д.С., Решетов С.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В связи с экономической ситуацией, сложившейся в настоящее время в России, промышленная отрасль нашей страны сталкивается с новыми вызовами, связанными с импортозамещением и необходимостью освоения выпуска новых машин, изделий и другой продукции. В этой сфере производственный контроль играет наиболее важную роль в обеспечении качества продукции, повышении эффективности процессов и соблюдении стандартов, требований безопасности в производстве. В данной статье рассмотрены основные аспекты производственного контроля на предприятии, его значение, современные технологии и подходы, а также примеры успешного внедрения систем контроля на предприятиях.

Производственный контроль – это система мероприятий, направленных на обеспечение соответствия производственных процессов, установленным стандартам и требованиям. Он включает в себя мониторинг, анализ и управление процессами с целью повышения их эффективности и качества продукции. В условиях импортозамещения и растущей конкуренции со стороны производителей из дружественных стран, производственный контроль становится неотъемлемой частью стратегического управления предприятиями.

В данной статье рассмотрены пути повышения эффективности производственных процессов и качество производства на промышленных предприятиях. Речь идет о внедрении современных систем контроля и мониторинга процессов производства, а также автоматизации и оптимизации рабочих процессов. Это позволит улучшить производственные показатели, сократить издержки, улучшить безопасность труда и качество продукции. Современную систему промышленного контроля сложно представить без использования сенсоров, датчиков, системы мониторинга и управления, а также аналитических данных для принятия обоснованных решений. Результатом внедрения такого проекта является повышение конкурентоспособности предприятия и улучшение его позиций на рынке [1, 2].

Рассматривая примеры успешного внедрения современных систем, можно отметить такие предприятия, как Toyota и Siemens, которые в свое время внедрили современные системы контроля, что позволило им значительно повысить эффективность производства и снизить количество дефектов, ошибок. Например, система Toyota Production System (TPS) основана на принципах бережливого производства и включает в себя элементы контроля качества на каждом этапе.

Для анализа систем производственного контроля используются различные методы, которые включают:

- статистический контроль процессов (SPC), алгоритм которого представлен на рисунке 1, он позволяет выявлять отклонения в процессе производства с помощью статистических методов;
- аудит процессов: регулярные проверки помогают выявить слабые места и улучшить процессы;
- анализ причинно-следственных связей: помогает понять, какие факторы влияют на качество продукции.



Рисунок 1 – Алгоритм статистического контроля процессов (SPC)

Исследования показывают, что внедрение современных систем производственного контроля может привести к значительному снижению затрат на производство и повышению качества продукции. Например, существует система управления производственными процессами – MES, включающая специальное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации и оптимизации выпуска продукции предприятия. Компании, применяющие данную систему, отмечают сокращение времени простоя оборудования на 20 % – 35 %, а также увеличение общей производительности на 20 % – 30 %.

Рассматривая зарубежный опыт применения современных систем производственного контроля, можно заметить, что происходит сокращение затрат, на

контроль объектов за счет государственных средств на 20 %, снижение расходов на эксплуатацию предприятий и сооружений составляет более 30 %, происходит повышение безопасности и выполнения норм продукции, появляется возможность более точной оценки эффективности проекта и расходования бюджета [3].

Важно обеспечить совместимость новых систем с уже имеющимися. Это может потребовать доработки интерфейсов и протоколов обмена данными. Внедрение новых технологий требует обучения сотрудников. Необходимо организовать тренинги и семинары, чтобы персонал мог эффективно использовать новые инструменты.

Современные системы позволяют собирать и анализировать данные в реальном времени. Это помогает принимать более обоснованные решения и оперативно реагировать на изменения в производственном процессе.

Внедрение систем производственного контроля – это не одноразовое мероприятие. Необходимо регулярно оценивать их эффективность и вносить изменения для оптимизации процессов.

Существующие системы контроля имеют свои плюсы и минусы. К преимуществам можно отнести возможность быстрого реагирования на изменения в процессе и повышение прозрачности. Однако существуют и недостатки, такие как высокие затраты на внедрение и необходимость обучения персонала. Современные технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, открывают новые горизонты для улучшения систем контроля. Они позволяют не только анализировать большие объемы данных, но и предсказывать потенциальные проблемы до их возникновения.

Современные технологии, используемые для производственного контроля на предприятиях, включают в себя множество инструментов и подходов, которые помогают повысить эффективность, качество и безопасность производственных процессов.

Использование технологий для обработки и анализа больших объемов данных позволяет выявлять тренды, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения на основе данных. Эти технологии помогают в прогнозировании сбоев, автоматизации процессов контроля качества и оптимизации производственных процессов на основе анализа исторических данных.

Внедрение автоматизированных систем и роботов для выполнения рутинных задач позволяет сократить время и затраты, а также снизить риск человеческой ошибки. Это концепция, включающая в себя использование цифровых технологий для улучшения контроля качества на всех этапах производства, от разработки до доставки. Данные технологии могут использоваться для обучения сотрудников, визуализации процессов и улучшения взаимодействия между командами.

Создание цифровых моделей физических объектов или процессов позволяет проводить симуляции и анализировать различные сценарии без риска для реального производства. Цифровые модели позволяют проводить симуляции различных сценариев, что помогает выявить узкие места в производственной

цепочке и оптимизировать процессы для повышения общей эффективности. Используя данные из цифровых двойников, можно прогнозировать потенциальные сбои и проводить диагностику оборудования. Это позволяет заранее принимать меры по предотвращению простоев и снижению затрат на ремонт. Эти технологии не только повышают эффективность производственного контроля, но также способствуют улучшению качества продукции и снижению затрат, что делает предприятия более конкурентоспособными на рынке.

Стоит отметить, что уже проделан ряд действий, позволяющих преодолеть факторы, тормозящие внедрение автоматизированных систем и роботов. В частности, Минстроем РФ утверждена программа внедрения информационного моделирования. Также анализируется и учитывается предложенное программное обеспечение отечественных разработчиков в рамках реализации плана импортозамещения.

Крупные предприятия, начинают чаще включать современные технологии в свои планы. Это уже позволяет отследить, насколько повышается качество изготовления продукции, но и снижается финансовая нагрузка на закладываемый бюджет, а также уменьшаются сроки по производству на предприятии.

Главным шагом на пути развития современных технологий на производстве станет вложение средств на развитие системы образования. Подготовка специалистов, разбирающихся в системах производственного контроля, даст возможность будущим студентам и работникам предприятий приобрести навыки работы на практике и повысить качество и производительность труда [4, 5].

Прогноз аналитиков показывают, что в ближайшие десятилетия начнется волна роста инновационного развития производства в стране. Будущее производства будет неразрывно связано с развитием современных технологий.

Таким образом, создание современных систем контроля станет мощным инструментом для повышения эффективности и устойчивости производственных процессов, позволяя компаниям не только минимизировать риски, но и находить новые возможности для роста и инноваций.

Список литературы

1 Рассказова-Николаева, С.А. Корпоративные стандарты: от концепции до инструкции / С.А. Рассказова-Николаева, С.В. Шебек. – М.: Книжный мир, 2008. – 320 с. – ISBN 978-5-8041-0309-6.

2 ГОСТ 12.0.230.3-2016. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка результативности и эффективности. – Введен 2018-01-01. – Москва: Стандартинформ. – 2018. – 30 с.

3 Филина, Н. Н. Наш песочный, песочный век: Новые технологии и бизнес / Н. Н. Филина. — Москва: Академический Проект, 2020. — 208 с. — ISBN 978-5-8291-3186-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132801> (дата обращения: 16.01.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4 Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р (с

изм. и доп.) / Система ГАРАНТ. Энциклопедия Российского законодательства/ Центр информационный технологий Мос. гос. ун-та. – Москва: ГАРАНТ-СЕРВИС, 2009.

5 Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р (с изм. и доп.) / Система ГАРАНТ. Энциклопедия Российского законодательства/ Центр информационный технологий Мос. гос. ун-та. – Москва: ГАРАНТ-СЕРВИС, 2012.

САПР КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

В результате активного роста и развития промышленности и производственных технологий спрос на высококвалифицированные кадры растет высокими темпами. На сегодняшний день открыто огромное число незаполненных вакансий инженеров, технологов, конструкторов и других специалистов в связи с тем, что претенденты на эти позиции не обладают необходимыми компетенциями.

Исследование научно-методической литературы выявило противоречие: с одной стороны российские предприятия испытывают трудности с нехваткой высококвалифицированных инженерных специалистов, а с другой стороны – выпускники вузов, освоившие инженерные и технические дисциплины, часто не обладающие достаточной подготовкой для работы с проектной документацией в современном оборудовании [1]. Иными словами, существует проблема дефицита специалистов, обладающих навыками использования инженерных прикладных программ.

Основная цель любого вуза заключается в подготовке конкурентоспособных выпускников, которые обладают профессиональными навыками, соответствующими требованиям современного рынка труда, а также дополнительными компетенциями, выделяющими их среди других специалистов. В связи с этим для университетов особенно важно обучать студентов работе в системах автоматизированного проектирования (САПР), востребованных у потенциальных работодателей.

В современном производстве одним из важнейших инструментов, используемых для эффективной работы, принятия решений и выполнения ответственных задач, являются САПР. Сегодня ни одна из серьезных инженерно-технических разработок не осуществляется без применения методов автоматизированного проектирования [2].

Согласно определению, САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования [3]. Она включает несколько составных частей (подсистем), называемых техническим, математическим, программным, лингвистическим, информационным, методическим и организационным обеспечением [4].

К базовым технологиям САПР относится широкий спектр взаимосвязанных методов и средств промышленной автоматизации, включая подсистемы геометрического моделирования и конструирования Computer-Aided Design (CAD), разработки технологических процессов Computer-Aided Process Planning

(CAPP) и программ для цифрового технологического оборудования Computer-Aided Manufacturing (CAM), инженерного анализа Computer-Aided Engineering (CAE), контроля качества произведённой продукции Computer-Aided Inspecting (CAI) и т.д. [5].

Внедрение современных САПР в образовательный процесс и приобретение студентами навыков их использования, безусловно, приведет к повышению качества подготовки инженерных специалистов. Это значительно сокращает время, необходимое для адаптации выпускников на производстве, и повышает их конкурентоспособность и востребованность среди работодателей.

Кроме того, внедрение САПР в учебный процесс обеспечивает ряд важных эффектов, которые в результате значительно улучшают результаты обучения:

- средства САПР позволяют автоматизировать многие трудоемкие инженерные расчеты, что позволяет повысить производительность учебного проектирования;
- существенно сокращается число расчетных ошибок;
- применение методов компьютерного моделирования дает возможность осуществлять в учебных целях разнообразные вычислительные эксперименты;
- использование математических и инженерных методов оптимизации позволяет получать рациональные технические решения даже не совсем опытным проектировщикам;
- изобразительные возможности средств машинной графики позволяют оперативно и наглядно представить обучаемому необходимую информацию по результатам расчетов и оптимизации;
- при наличии актуальных электронных технических справочников и архивов учебных проектов сокращаются сроки поиска и увеличивается объем перерабатываемой обучаемым содержательной информации;
- ускоренно и с высоким качеством выполняется оформление учебной технической документации в текстовой, табличной и графической формах [6].

Таким образом, использование программно-технических средств САПР позволяет повысить качество учебного проектирования и сократить трудоемкость и улучшить качество результатов. Появляется возможность расчета и анализа большого числа проектных вариантов, в деятельности обучаемого преобладающим становится не выполнение трудоемких операций расчета и оформления, а анализ и осмысление проектных решений.

Одной из значительных проблем является высокая стоимость лицензионного программного обеспечения. Однако, некоторые крупные разработчики САПР предлагают упрощенные студенческие версии, которые могут значительно облегчить образовательный процесс. Несмотря на это, такие версии систем автоматизированного проектирования в основном ориентированы на поддержку обучения в части формирования теоретических знаний.

Для развития профессиональных навыков и умений требуется практическая работа непосредственно в среде САПР. Однако программное обеспечение, разработанное для промышленного применения, часто не отвечает потребно-

стям учебного процесса, таким как простота освоения, удобство использования и наглядность. В связи с этим возникает необходимость создания специализированных учебных программ и комплексов, адаптированных для образовательных целей.

Особую разновидность методического обеспечения для обучения практическим навыкам профессиональной деятельности представляет методология виртуального предприятия, получившая распространение в последние годы.

Учебное виртуальное предприятие вуза представляет собой автоматизированную организационно-техническую систему, которая объединяет различные подразделения, системы и локальные средства автоматизации учебного заведения и других организаций в единой интегрированной информационной среде [7]. Эта система обеспечивает практическую подготовку обучающихся, а также проведение научных исследований в сфере промышленных информационных технологий.

Учебное виртуальное предприятие выполняет роль полигона, где можно быстро и многократно изменять условия производственной среды [7]. В рамках образовательного процесса оно предоставляет студентам возможность опробовать различные ролевые функции, характерные для персонала промышленной автоматизированной системы.

Создание учебно-научного виртуального предприятия в вузе позволит уже в стенах учебного заведения целенаправленно формировать у будущих специалистов практические навыки внедрения и использования современных средств комплексной автоматизации.

Современный рынок труда остро нуждается в квалифицированных инженерно-технических кадрах, владеющих современными САПР. Однако многие выпускники технических направлений не обладают достаточными навыками работы с этими инструментами, что создает серьезное препятствие для развития промышленности и инноваций, обусловленное стремительным научно-техническим прогрессом. Следовательно, вузам необходимо переориентировать свои образовательные программы, чтобы готовить конкурентоспособных специалистов, способных эффективно работать с современными технологиями, включая САПР. Для этого, целью должно стать обучение студентов применению САПР, востребованных потенциальными работодателями. Такой подход не только повысит конкурентоспособность выпускников, но и обеспечит эффективную работу инженерно-технического персонала в современных условиях, требующих принятия оперативных и ответственных решений, что невозможно без владения САПР. Кроме того, изменение содержания и форм инженерно-технического образования обеспечит ускорение адаптации выпускников вузов к профессиональной деятельности в условиях современного производства.

Использование САПР, в сочетании с методологией виртуального предприятия, является ключом к подготовке конкурентоспособных специалистов, готовых эффективно работать в условиях современной промышленности. Интеграция САПР в инженерное образование и использование учебного виртуаль-

ного предприятия являются важными инструментами для практической подготовки студентов и формирования у них необходимых навыков, позволяющих им успешно адаптироваться к условиям современного производства.

Список литературы

1 Саттарова, З.Ф. Методика применения системы автоматизированного проектирования AUTOCAD для обучения студентов политехнического колледжа / З.Ф. Саттарова, Л.Г. Ахметов // Вестник Марийского государственного университета. – Т. 17. – № 3. – 2023. – С. 363-368.

2 Абросимов, С.Н. Проектное обучение в курсе «Основы автоматизированного проектирования» / С.Н. Абросимов // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – Т.1. – 2015. – С. 469-476.

3 ГОСТ 23501.101-87 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. – Введ. 1988-07-01. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 11 с.

4 Обуховец, В.А. САПР как инструмент освоения высокотехнологичных дисциплин / В.А. Обуховец // Высшее образование в России. – № 5. – 2014. – С. 80-85.

5 Черепашков, А.А. Онтологическая база для обучения персонала САПР / А.А. Черепашков, А.Г. Шараухова // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11 – №1(39). – С. 51-63.

6 Черепашков, А.А. САПР/ИПИ-технологии в сквозной инженерно- графической подготовке студентов технических вузов / А.А. Черепашков // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. – 2017. – С. 125-129.

7 Носов, Н.В. Виртуальное учебно-научное предприятие в системе инженерного образования в машиностроении / Н.В. Носов, А.А. Черепашков, А.Г. Шараухова, Е.А. Якубович // Машиностроение: инновационные аспекты развития. Материалы II международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 213-218.

8 Черепашков, А.А. Технологии информационной поддержки виртуального предприятия в техническом вузе / А.А. Черепашков // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2006. – № 41. – С. 109-114.

РОЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ О СВОЙСТВАХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

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

Выбор материалов для инженерных конструкций представляет собой критический этап проектирования, оказывающий существенное влияние на прочность, долговечность, производственные затраты и эксплуатационные характеристики изделий. Современные материалы должны соответствовать множеству требований, включая механическую прочность, технологическую адаптируемость, устойчивость к воздействиям окружающей среды и ряд других параметров [1]. В контексте разнообразия доступных цветных металлов и их сплавов, наличие структурированной базы данных о свойствах этих материалов становится необходимым инструментом, позволяющим значительно оптимизировать процесс оптимального выбора [2].

Роль базы данных в анализе свойств и конструкционных возможностей материалов трудно переоценить. Интеграция баз данных в процесс проектирования способствует упрощению задачи выбора материала, минимизируя влияние субъективного человеческого фактора и зависимость от индивидуального опыта. Применение таких баз данных позволяет осуществлять автоматическое сравнение свойств материалов и их соответствия требованиям конкретной задачи, основываясь на точных, систематизированных данных [3].

Инженерный выбор неизменно осуществляется в условиях ограничений, детерминированных, как эксплуатационными свойствами изделия, так и технологическими или экономическими требованиями [4, 5]. База данных о свойствах цветных металлов позволяет формализовать этот процесс, представляя информацию в стандартизированном виде. Она включает широкий спектр характеристик материалов, таких как механические свойства, термическая проводимость, устойчивость к воздействию среды и обрабатываемость. Эти данные формируют основу для автоматизации процесса анализа и принятия решений.

Это значит, что материал не следует рассматривать исключительно с точки зрения одной характеристики. К примеру, металл с высокой термостойкостью может проявлять меньшую устойчивость к химическим воздействиям в определённых условиях. Следовательно, база данных позволяет применять комплексный подход, учитывая зависимость свойств материала от эксплуатационных факторов [6].

Что касается проектирования базы данных, то существует ряд технологий, интегрирующих их в процессы проектирования и анализа. Данные технологии способствуют применению системного подхода к выбору материалов. Использование усовершенствованных алгоритмов и методов позволяет опера-

тивно устанавливать связь между свойствами металлов и инженерными задачами [7].

Ключевым аспектом подобных баз данных является их гибкость и способность обрабатывать широкий спектр критериев. Эффективные аналитические системы предоставляют инструментарий для сопоставления требований с характеристиками материалов. Данный инструментарий включает фильтрацию данных на основе заданных параметров, создание весовых коэффициентов для различных свойств, применение многокритериальных методов оценки и использование машинного обучения для прогностического выбора.

Комплексность принимаемых решений усиливается многоаспектностью доступной информации. Применение базы данных о металлах минимизирует вероятность ошибок, обусловленных недостаточностью знаний или опыта проектировщиков. Расширенное представление позволяет не только учитывать специфические характеристики, такие как коррозионная стойкость или пластичность, но и оптимизировать выбор материалов с учетом их применения в реальных условиях [8].

Более того, базы данных существенно повышают скорость анализа. Вместо трудоемкого ручного поиска данных инженеры получают возможность оперировать точной информацией в кратчайшие сроки. Это особенно актуально в условиях, требующих ускоренной разработки продукции.

Дополнительным преимуществом является возможность интеграции данных в вычислительные среды, такие как системы автоматизированного проектирования (CAD) или инженерного анализа (CAE). При этом система способна автоматически подбирать материалы на основе заданных параметров нагрузки, температуры среды или иных факторов [9].

Современные реалии использования баз данных выходят за рамки фиксированных таблиц материалов. С развитием технологий моделирования становится возможным применение алгоритмов машинного обучения, способных выявлять скрытые связи между свойствами материалов и их эксплуатационными характеристиками. В частности, нейронные сети могут обрабатывать базы данных, идентифицируя паттерны, которые неочевидны для инженеров.

Машинное обучение также позволяет прогнозировать поведение металлов в новых эксплуатационных условиях, для которых отсутствуют исторические данные, или находить компромиссы между конфликтующими характеристиками, такими как прочность и пластичность [10]. Это особенно ценно для задач, требующих разработки материалов для специфических или экстремальных условий эксплуатации.

Информация из базы данных используется не только на этапе проектирования, но и на всех этапах жизненного цикла продукта. На стадии производства данные о механической обработке и термической стойкости позволяют оптимизировать технологии обработки [11]. Например, при использовании металлов с особыми свойствами теплопроводности производственные процессы, такие как сварка или закалка, можно настроить для достижения максимально стабильных результатов.

Более того, базы данных способствуют учету стоимости материалов и их доступности на рынке, что позволяет оптимально сочетать инженерные и экономические требования. Для серийного производства – это имеет особое значение, поскольку даже незначительное снижение затрат на материал может привести к существенной экономии в долгосрочной перспективе.

Дальнейшее развитие технологий баз данных связано с их интеграцией в распределенные системы анализа больших массивов данных. Данная интеграция обеспечит инженерам доступ к актуальной информации в режиме реального времени, учитывая изменения свойств новых сплавов, данные экспериментальных исследований и коммерческих предложений. Более того, применение облачных технологий и нейронных сетей не только повысит доступность анализа, но и углубит его, расширяя возможности выбора материалов.

Использование базы данных о свойствах цветных металлов способствует оптимизации процесса выбора материала и повышает качество проектирования и производства изделий. Она предоставляет доступ к структурированной информации, минимизируя влияние человеческого фактора и ускоряя процесс принятия решений. Развитие вычислительных инструментов, таких как машинное обучение, представляет собой новый этап в практическом применении данных, открывая дополнительные возможности для анализа и прогнозирования. Базы данных становятся неотъемлемым компонентом современного инженерного проектирования, повышая его эффективность и конкурентоспособность.

Список литературы

1 Narayana, A. Advances in Material Selection through Machine Learning Algorithms / A. Narayana, M. Sharma // Journal of Material Science and Applications. – 2021. – Vol. 10, №3. – С. 45–58.

2 Данилов, С.А. Литейные сплавы цветных металлов : справочник / С.А. Данилов. – М.: Техносфера, 2018. – 450 с.

3 Pishchukhin A.M., Akhmedyanova G.F. Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP-technologies В сборнике: International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems, 17-20 January 2018, Tomsk, Russia. Institute of Physics Publishing; 2018. –

P. 042001

4 Predictive Modeling for Material Optimization / V.A. Ivanov, M.G. Petrov // Computational Materials. – 2022. – Vol. 7, №2. – С. 12–34.

5 Pishchukhin A. M., Akhmedyanova G. F. Hierarchical selection of technological equipment for the production system // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. Vol. 378, iss. 1: International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2019, Saint-Petersburg, 2019.

6 Callister, W.D. Materials Science and Engineering: An Introduction / W.D. Callister, D.G. Rethwisch. – 10-е изд. – John Wiley & Sons, 2020. – 832 с.

- 7 Ashby, M.F. Materials Processing and Design / M.F. Ashby, H. Shercliff, D. Cebon. – Elsevier, 2018. – 536 с.
- 8 Steels, J. Material Properties under Extreme Conditions : монография / J. Steels, F. Tardif. – Elsevier, 2021. – 380 с.
- 9 Пищухин, А.М. Автоматизация на основе мультиструктурных систем. / А.М. Пищухин. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2001. – 260 с.
- 10 Тугов, В.В. Самонастраивающиеся системы автоматического управления с эталонной моделью для управления процессом полимеризации в многослойных композитах / В.В. Тугов, А.М. Пищухин // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 3. – С. 43-48.
- 11 Batischev V. I., Kuzmin M. I., Pischukhin A. M., Solovyov N. A. System of Computer Vision for Cold-Rolled Metal Quality Control // International Review of Automatic Control (IREACO). 2016. Vol. 9, № 4. – P. 259-263. – DOI: 10.15866/ireaco.v9i4.9870

УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Файзулина С.Р., Клещарева Г.А., канд. тех. наук, доцент,
Решетов С.Ю., канд. тех. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Снижение рисков для населения и территорий в случае чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также воздействий от радиационного и химического оружия, продолжает оставаться актуальной проблемой на фоне значительного ухудшения международной обстановки. В настоящее время необходимо гарантировать охрану и защиту от воздействия указанных факторов. В этой связи существует множество средств индивидуальной и коллективной защиты.

Необходимо быть в курсе требований к защитным сооружениям, которые проектируются и возводятся для реагирования на чрезвычайные ситуации.

В случае техногенной катастрофы будет сложно обеспечить всех граждан страны индивидуальными защитными средствами (СИЗ). Поэтому важно, чтобы каждый имел представление о строительстве объектов, способных защитить людей.

Основные требования и нормы строительства защитных сооружений гражданской обороны (ЗСГО) определены в СП 88.13320. 2014 и СНиП 1.01.51-90. Эти сооружения делятся на несколько категорий:

- укрытия;
- противорадиационные укрытия;

– убежище – защитное сооружение гражданской обороны (ГО), обеспечивающее в течение определенного времени защиту укрываемых от воздействия поражающих факторов ядерного оружия и обычных средств поражения, бактериальных (биологических) средств, отравляющих средств, а также при необходимости от катастрофического затопления, аварийных химически опасных веществ, радиоактивных продуктов при разрушении ядерных электроустановок, высоких температур и продуктов горения при пожаре. Убежище представлено на рисунках 1, 2.

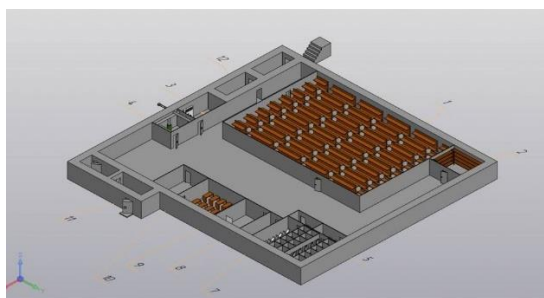


Рисунок 1 – Убежище

К обязательным приложениям к паспорту относятся копии поэтажных планов и экспликаций помещений объекта, которые должны быть согласованы и заверены органами технической инвентаризации, балансодержателем защитного сооружения, а также органом, ответственным за гражданскую оборону и чрезвычайные ситуации. Паспорт оформляется после ввода защитного сооружения в эксплуатацию или по итогам инвентаризации [3].

Статус защитного сооружения в качестве объекта гражданской обороны устанавливается на основе наличия паспорта, который должен быть подписан как организацией, использующей это сооружение, так и органом, ответственным за гражданскую оборону и чрезвычайные ситуации. Также требуется предоставить заверенные органами технической инвентаризации копии поэтажных планов и экспликаций помещений.

Также следует учитывать, что при возведении убежища следует соблюдать нормативы, сведенные в рисунках 4, 5.

	УБЕЖИЩА	ПРОТИВОРАДИАЦИОННЫЕ УКРЫТИЯ	УКРЫТИЯ
ОСНОВНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ			
Вместимость, чел.	Малые – до 600 человек; Средние – от 600 до 2000 человек; Большие – свыше 2000 человек.		От 10 до 40 человек
Площадь основного помещения для размещения людей (на одного укрываемого), м²	0,6 м ² при одноярусном расположении нар, 0,5 м ² при двухъярусном расположении нар, 0,4 м ² – при трехъярусном расположении нар, Внутренний объем помещения должен быть не менее 1,5 м ³ на одного укрываемого.		0,6 м ² на одного укрываемого
Высота помещений	Не менее 2,15 м от отметки пола до низа выступающих конструкций потолка. При высоте помещений от 2,15 до 2,9 м должно быть предусмотрено двухъярусное расположение нар, а при высоте 2,9 м и более – трехъярусное расположение нар.		Не менее 1,7 м
Места для сидения/лежания на одного человека, м	места для сидения 0,45×0,45 м ² места для лежания – 0,55×1,8 м ² Высота скамей первого яруса должна быть 0,45 м, нар второго яруса – 1,4 м и третьего яруса – 2,15 м от пола. Расстояние от верхнего яруса до перекрытия или выступающих конструкций потолка должно быть не менее 0,75 м. Число мест для лежания должно быть равно: – 15 % вместимости сооружения – при одноярусном расположении нар; – 20 % вместимости сооружения – при двухъярусном расположении нар; – 30 % вместимости сооружения – при трехъярусном расположении нар.		В укрытиях места для сидения должны быть размером 0,45×0,45 м ² на одного человека, а места для лежания – 0,55×1,8 м ² .
Пункт управления	На предприятиях с числом работающих в наибольшей работающей смене 600 чел. и более, в одном из убежищ следует предусматривать помещения для пункта управления предприятием, состоящего из		Отсутствует

Рисунок 4 – Нормативы, необходимые для соблюдения при строительстве убежищ

Количество входов	Число входов должно быть не менее двух Ширину входа b определяют по следующим формулам: – при радиусе сбора укрываемых до 500 м	Число входов должно быть не менее двух наличие тамбур-шлюзов для защиты от ударной волны	Количество входов в укрытия, заглубленные помещения, а также сооружения подземного пространства, кроме сооружений метрополитенов, предназначенных для защиты населения, следует принимать с учетом возможной экстренной эвакуации укрываемых из помещений, но не менее двух.
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ			
Помещения для хранения продовольствия	При числе укрываемых до 150 чел. площадь помещения для хранения продовольствия должна быть 6 м ² . На каждые 100 укрываемых сверх 150 чел. площадь помещения увеличивают на 2 м ² . Число помещений для хранения продовольствия принимают из расчета – одно помещение на 600 укрываемых. Помещения следует располагать рассредоточено в различных местах убежища. Не допускается располагать указанные помещения рядом с санузлами и медицинскими комнатами		Отсутствует
Фильтровентиляционные помещения	Размеры ФВП следует определять в зависимости от габаритов оборудования и площади, необходимой для его обслуживания.		Отсутствует
Защищенные дизельные электростанции (ДЭС)	Следует располагать у наружной стены здания, отделяя их от других помещений негорючей герметичной стеной (перегородкой) с высоким пределом огнестойкости.		Отсутствует

Рисунки 5 – Нормативы, необходимые для соблюдения при строительстве убежищ

Подводя итог, можно сказать, что в связи с текущей международной обстановкой, меры по организации защиты населения в случае чрезвычайных ситуации являются крайне необходимы. Поэтому также важно подготовить и поддерживать в постоянной готовности объекты, обеспечивающие защиту гражданского населения [4].

Список литературы

1 ГОСТ Р 42.4.03 – 2015. Гражданская оборона. Защитные сооружения гражданской обороны. Классификация. Общие технические требования; введ. 21.07.2015. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; М.: «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 8с.

2 Здоровьесберегающие технологии в образовательном процессе как элемент развития современного социального общества [Электронный ресурс] / Г. А. Клещарева, А. А. Верещагин, А. В. Клещарева, И. В. Клещарев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 25-27 янв. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос.

бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2021. – . – С. 4447-4450. . – 4 с.

3 Клещарева, Г. А. Конструкции защитных сооружений. Нормативные документы и методы расчетов [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Г. А. Клещарева; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2024. – 4 с. в РТО. – Загл. с тит. Экрана

4 Клещарева, Г. А. Конструкции защитных сооружений. Опасности. Способы и средства защиты [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Г. А. Клещарева; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2024. – 5 с. в РТО. – Загл. с тит. экрана.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ

Федченко Д.А., Овечкин М.В., канд. техн. наук

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

В условиях глобального перехода на устойчивую энергетику и увеличения роли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) электрогенерирующие энергокомплексы (ЭГЭК) сталкиваются с рядом вызовов. К ним относятся обеспечение надежности, снижение затрат на техническое обслуживание и минимизация воздействия на окружающую среду. Эти задачи становятся особенно актуальными в условиях возрастающей сложности инфраструктуры ЭГЭК, где отказ одного элемента может вызвать серьезные последствия.

Предиктивный анализ (Predictive Analytics) является важным инструментом для оптимизации работы сложных инженерных систем, включая электростанции и энергокомплексы. В условиях увеличения требований к энергоэффективности и надежности, применение технологий анализа данных на основе больших объемов информации становится критически важным.

1. Роль предиктивного анализа в работе ЭГЭК

ЭГЭК являются сложными инженерными системами, включающими турбины, генераторы, трансформаторы и вспомогательное оборудование. Проблемы в одном из узлов системы могут повлиять на всю энергетическую сеть. Предиктивный анализ позволяет:

- предсказывать отказ оборудования на основе исторических данных;
- оптимизировать график техобслуживания;
- снижать затраты на эксплуатацию за счет предотвращения аварий;
- повышать эффективность работы систем.

Основной принцип предиктивного анализа заключается в использовании исторических и текущих данных для построения моделей, которые прогнозируют вероятность определенных событий, таких как поломка оборудования или снижение производительности.

2. Источники данных для анализа

Работа ЭГЭК сопровождается сбором большого объема данных с различных источников, включая:

- датчики оборудования: данные о вибрациях, температуре, давлении, мощности и т. д.;
- исторические данные об отказах: информация о предыдущих авариях и неисправностях;
- операционные данные: показатели выработки энергии, нагрузка и коэффициенты использования мощности;
- экологические параметры: температура окружающей среды, влажность, скорость ветра и др.

Собранные данные обрабатываются и анализируются для выявления закономерностей, которые могут быть использованы для предсказания будущих событий.

3. Методы предиктивного анализа в ЭГЭК

Применение предиктивного анализа базируется на методах машинного обучения, математического моделирования и статистики. Наиболее распространенные методы включают:

3.1. Регрессионные модели

Эти модели используются для прогнозирования количественных показателей, таких как снижение мощности генератора или увеличение расхода топлива. Регрессия позволяет определить зависимость между различными переменными, например, между временем работы оборудования и вероятностью поломки.

3.2. Анализ временных рядов

Данные о работе ЭГЭК собираются в виде временных рядов. Примеры задач:

- прогнозирование потребности в ремонте на основе временных трендов;
- выявление отклонений в работе оборудования.

3.3. Методы кластеризации

Кластеризация позволяет сегментировать данные для выявления групп оборудования с одинаковыми характеристиками или режимами работы. Это помогает выявить узлы, которые работают в условиях, отличающихся от нормы.

3.4. Нейронные сети и глубокое обучение

Современные нейронные сети, включая рекуррентные и сверточные архитектуры, способны анализировать большие объемы данных и находить сложные зависимости. Они используются для предсказания отказов оборудования и оптимизации работы системы.

3.5. Методы выявления аномалий

Методы выявления аномалий позволяют обнаруживать отклонения в работе оборудования до того, как произойдет его поломка.

4. Применение предиктивного анализа в практике

Предиктивный анализ уже успешно применяется на многих энергокомплексах. Рассмотрим примеры:

- предсказание отказов турбин. На основе данных о вибрации и температуре можно предсказать износ подшипников и лопастей турбины;
- оптимизация потребления топлива. Прогнозирование нагрузки позволяет корректировать подачу топлива, снижая его перерасход;
- снижение выбросов. Анализ данных о работе оборудования помогает минимизировать выбросы загрязняющих веществ, соответствуя экологическим стандартам.

5. Преимущества и вызовы предиктивного анализа

Преимущества:

– экономия ресурсов: раннее выявление неисправностей снижает затраты на ремонт;

– повышение надежности: уменьшение числа аварийных отключений;

– оптимизация работы: сокращение времени простоев и увеличение КПД.

Вызовы:

– качество данных: требуется обработка больших массивов данных, а также работа с пропусками и шумами;

– сложность внедрения: интеграция аналитических систем в существующую инфраструктуру;

– требования к квалификации: работа с предиктивным анализом требует участия специалистов в области анализа данных и энергетики.

6. Перспективы развития

Будущее предиктивного анализа в энергетике связано с развитием технологий Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта. Умные датчики и устройства IoT обеспечат еще больший объем данных, которые могут быть использованы для более точных прогнозов. Интеграция с системами управления энергосетями позволит не только прогнозировать, но и автоматически реагировать на потенциальные неисправности.

Предиктивный анализ представляет собой эффективный инструмент для повышения надежности и эффективности работы ЭГЭК. Его применение способствует снижению эксплуатационных затрат, увеличению срока службы оборудования и обеспечению соответствия современным экологическим требованиям. Развитие технологий анализа данных и искусственного интеллекта открывает новые возможности для использования предиктивного анализа в энергетике.

Список литературы

1 Гусев, А. В. Предиктивная аналитика в энергетике / А. В. Гусев, С. В. Иванов // Энергетическая политика. – 2020. – № 4. – С. 45–52.

2 Кузнецов, П. Б. Интеллектуальные системы управления в энергокомплексах / П. Б. Кузнецов // Энергосбережение и энергетика. – 2021. – № 2. – С. 13–21.

3 Смирнов, А. Н. Машинное обучение в задачах диагностики оборудования / А. Н. Смирнов, Е. В. Васильев // Вестник энергетики. – 2019. – № 3. – С. 24–33.

4 Черных, В. С. Анализ данных в энергетических системах / В. С. Черных, А. Н. Бурков // Электроэнергетика России. – 2021. – № 5. – С. 8–16.

5 Поляков, И. М. Прогнозирование отказов оборудования на основе анализа временных рядов / И. М. Поляков, Н. Ю. Сергеев // Техническая диагностика. – 2022. – № 6. – С. 30–38.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

**Филь В.Ю., Проскурин Д.А. канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Автоматизация контроля и измерения параметров электродвигателей играет важную роль в повышении эффективности эксплуатации электротехнического оборудования. Современные методы автоматического контроля позволяют минимизировать потери, продлить срок службы двигателей и предотвратить аварийные ситуации.

Эксплуатация электродвигателей сопряжена с рядом проблем, таких как износ, перегрузки, перегрев и механические неисправности. Эти проблемы могут привести к аварийным ситуациям, снижению производительности и серьезным финансовым потерям [1].

Для предотвращения таких ситуаций активно применяются автоматизированные системы контроля и измерения (АСКИ) [2]. Эти системы не только фиксируют текущие параметры двигателя, но и используют сложные алгоритмы анализа для прогнозирования неисправностей. В данной статье рассматриваются современные подходы к автоматизированному контролю параметров электродвигателей, анализируются используемые технологии и обосновывается их значимость.

Современные автоматизированные системы контроля и измерения (АСКИ) состоят из нескольких компонентов:

а) датчики. Устройства для измерения физических величин:

- 1) токовые датчики для измерения токов в обмотках;
- 2) термисторы и термопары для измерения температуры;
- 3) вибрационные датчики для анализа вибраций;

б) контроллеры. Обработывают данные, поступающие с датчиков, и передают их в систему визуализации или на сервер. Современные контроллеры поддерживают интеграцию с промышленными сетями такими, как Modbus, Profibus, Ethernet [3];

в) программное обеспечение. Алгоритмы анализа данных в режиме реального времени. Например, прогнозирующие модели могут обнаруживать отклонения от нормы ещё до появления критических ситуаций;

г) системы оповещения. Уведомляют оператора о критических параметрах через локальные панели, мобильные устройства или сервер.

Примером может служить система вибрационного мониторинга, которая использует быстрое преобразование Фурье (FFT) для анализа сигналов. Это преобразование помогает разбить сложный сигнал на его составляющие частоты, что позволяет обнаружить причины вибраций, такие как дисбаланс или износ подшипников.

Контроль электродвигателя предполагает измерение следующих параметров:

а) ток статора. Измеряется для оценки нагрузки на двигатель. Его величина определяется уравнением:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (1)$$

где P – мощность двигателя, Вт; U – напряжение питания, В; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

б) напряжение. Отклонения напряжения от номинального значения приводят к перегрузкам и перегреву двигателя. Например, перегрев можно описать через тепловую мощность:

$$Q = I^2 \cdot R, \quad (2)$$

где Q – тепловая мощность, Вт; I – ток, А; R – сопротивление обмоток, Ом;

в) температура обмоток. Она контролируется для предотвращения перегрева, который может повредить изоляцию. Тепловой профиль двигателя можно описать уравнением:

$$T(t) = T_0 + \Delta T \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (3)$$

где температура двигателя изменяется во времени t ; T_0 – начальная температура, °С; ΔT – перепад температура; e – основание натурального логарифма (примерно равно 2.718); t – время, прошедшее с начала процесса нагрева, с; τ – временная постоянная нагрева, характеризующая скорость изменения температуры;

г) вибрации. Они свидетельствуют о механических дефектах, таких как дисбаланс ротора или износ подшипников. Спектральный анализ вибраций позволяет выделить частоты, характерные для различных неисправностей.

Одним из ключевых методов диагностики является анализ частотного спектра вибраций. На приведённом ниже рисунке 1 показан график примера такого спектра.

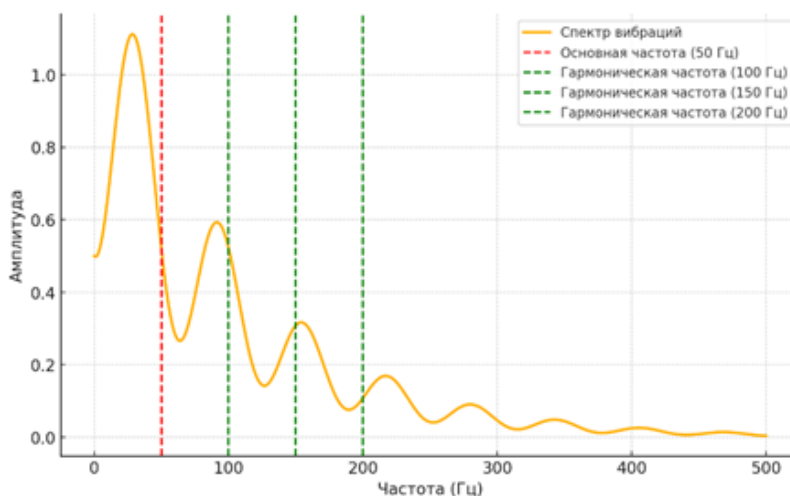


Рисунок 1 – Графическое представление спектра частот колебаний в электродвигателе

На графике выделены следующие элементы:

- основная частота вращения (50 Гц). Этот пик соответствует рабочей частоте двигателя;
- гармоники (100, 150 и 200 Гц). Их наличие указывает на механические неисправности, такие как дисбаланс ротора;
- высокочастотные пики. Часто связаны с износом подшипников или другими дефектами в сборке двигателя.

Анализ амплитудных значений помогает не только обнаружить текущие неисправности, но и предсказать их дальнейшее развитие. Например, увеличение амплитуды на гармониках может указывать на ухудшение состояния оборудования.

Автоматизация контроля и измерения параметров электродвигателей помогает значительно улучшить их эксплуатацию, повышая эффективность работы. Высокая точность мониторинга позволяет минимизировать влияние человеческого фактора. Использование датчиков и аналитических алгоритмов способствует своевременному обнаружению отклонений от нормальных условий работы. Это, в свою очередь, предотвращает серьёзные неисправности и увеличивает срок службы оборудования.

Прогнозирование отказов является одним из ключевых достоинств таких систем. С помощью алгоритмов машинного обучения они анализируют данные в реальном времени и предсказывают возможные поломки. Например, рост вибраций или температуры может сигнализировать о необходимости профилактического обслуживания. Для предприятий с непрерывным производственным циклом это особенно важно, так как стабильная работа оборудования обеспечивает бесперебойность процессов.

Автоматизация также помогает снизить эксплуатационные затраты. Устранение внеплановых ремонтов и сокращение простоев оборудования приводят к существенной экономии. Удалённый мониторинг данных облегчает работу инженерного персонала и повышает их производительность.

При этом внедрение автоматизации контроля и измерения сопровождается несколькими проблемами. Одной из проблем является высокая стоимость реализации. Закупка оборудования, установка программного обеспечения и интеграция системы требуют значительных инвестиций, которые могут быть обременительными для предприятий малого и среднего бизнеса.

Несовместимость новых технологий с устаревшей инфраструктурой остаётся серьёзной проблемой. На многих предприятиях используются электродвигатели, установленные десятилетия назад, что нередко требует их модернизации или замены. Это увеличивает расходы и может вызывать временные перебои в работе.

Квалификация персонала также играет важную роль в успешной реализации автоматизированных систем. Сотрудники должны обладать навыками в области анализа данных, промышленной автоматизации и работы с промышленными сетями. Поиск таких специалистов или их обучение может занять значительное время и потребовать дополнительных вложений.

Кроме того, автоматизированные системы могут сталкиваться с техническими сбоями. Датчики могут выходить из строя, а алгоритмы анализа данных иногда дают неверные результаты. Это создаёт необходимость в наличии резервных решений и регулярного обслуживания оборудования.

Автоматизация контроля и измерения параметров электродвигателей представляет собой важный шаг в развитии современных производственных процессов. Она помогает повысить надёжность работы оборудования, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать вероятность аварий. Хотя внедрение таких систем сопряжено с высокими начальными инвестициями, проблемами совместимости и необходимостью обучения персонала, преимущества, которые они обеспечивают, существенно перевешивают затраты. В будущем развитие технологий сделает автоматизацию более доступной и эффективной, открывая предприятиям новые перспективы для улучшения их производственных процессов.

Список литературы

1. Кожевников, И. Е. Диагностика асинхронных электродвигателей в условиях industry 4.0 / И. Е. Кожевников // Colloquium-Journal. – 2021. – № 5-1(92). – С. 42-44.
2. Завидей, В. И. Состояние и перспективы внедрения систем мониторинга и технического диагностирования электрических машин и аппаратов / В. И. Завидей, М. А. Свиридов, В. Н. Рущинский // Экспозиция Нефть Газ. – 2019. – № 1(68). – С. 68-72.
3. Шишов, О.В. Современные средства АСУ ТП : учебник / О. В. Шишов. – Москва Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.
4. Кисурин, А. А. Автоматизация измерений и контроля электрических и неэлектрических величин : учебное пособие / А. А. Кисурин ; А. А. Кисурин, Д. В. Беспаленко ; ГОУ ВПО «Воронежский гос. технический ун-т». – Изд. 2-е, перераб. и доп.. – Воронеж : Воронежский гос. технический ун-т, 2009. – 265 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

**Фот А.П., д-р техн. наук, профессор, Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент,
Кириленко А.С., канд. техн. наук, Приймак Т.В., Юршев И.В.**

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

Карбид вольфрама, благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, таким как твердость, прочность, устойчивость к абразивному износу, становится подходящим материалом для применения в таких процедурах, как газопламенное напыление.

Карбид вольфрама широко применяется в инструментальном производстве.

Исследование свойств газопламенного напыления карбидом вольфрама осуществляется на основании анализа микроструктуры, пористости и твердости.

Образцы №1 и №2, изображенные на рисунке 1 и 2, изготавливались на Южноуральском арматурном заводе на установке HVAF 07T Spray Gun HVAF 02T Spray Gun с применением робота ABBIRB4600-40.

Покрытие наносилось на прокатный лист из стали 09Г2С толщиной 10 мм. Для анализа микроструктуры полученных шлифов был применен микроскоп «Метам РВ 34» с камерой Levenhuk M800 BASE. Травление поверхности производилось смесью 20 % водных растворов железо-синеродистого калия ($K_3[Fe(CN)_6]$) и гидроксида калия (KOH) в пропорции 1 к 1 в течение 2 минут.

Шлифование и полирование образцов производили алмазной пастой (ГОСТ 25593-83) соответствующей зернистости. После чего производился анализ при 100-кратном увеличении для определения пористости поверхности. На рисунках 1 и 2 изображены образцы для изготовления микрошлифов. Для исследования поверхности шлифа, была изготовлена струбцина, изображенная на рисунке 2 а. В собранном виде она изображена на рисунке 2 б.



Рисунок 1 – Образец для исследования поверхности шлифа



а – струбцина для исследования образца; б – струбцина в собранном виде с образцом.

Рисунок 2 – Образец с поперечным шлифом

Микроструктура покрытия карбидом вольфрама изображена на рисунке 3.

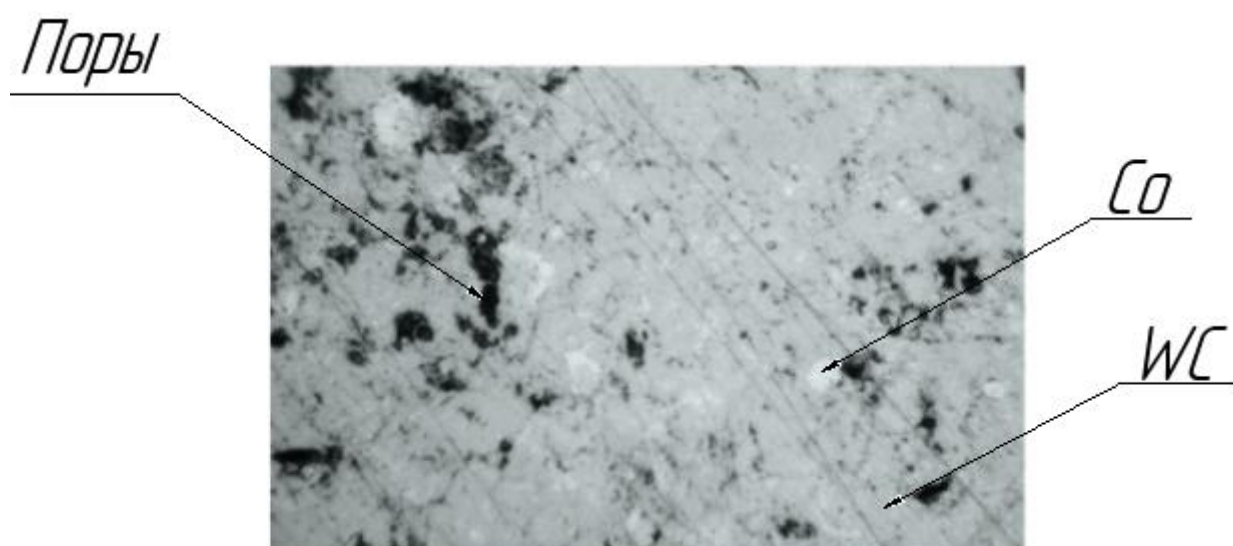


Рисунок 3 – Микроструктура покрытия карбидом вольфрама, $\times 1000$

При нанесении покрытия необходимо обеспечить соответствие изделия ряду требований. Независимо от химического состава и технологии нанесения, содержание пор на поверхностях изделий не должно превышать 10,0 %. Определение количества и размеров пор осуществлялось посредством автоматического расчета в программе Levenhuk Lite. Из совокупности полученных значений площадей пор выявлялось среднее арифметическое и их суммарная пло-

щадь. Далее определялось отношение площади, занятой порами к общей площади снимка, согласно формуле (1).

$$k = \frac{\sum S_n}{S_c} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где S_n – площадь пор, мкм^2 ;

S_c – площадь, зафиксированная на снимке, мкм^2 .

Анализ поверхности образца №1 позволил установить пористость напыленного покрытия. Суммарная площадь поверхности, занятой порами составила $43055,82 \text{ мкм}^2$. Так как площадь, зафиксированная на снимке, составляет 882900 мкм^2 , пористость поверхности сплава определяется по формуле:

$$k = \frac{43055,82}{904200} \cdot 100 \% = 4,71 \% .$$

Пористость поверхности твердосплавного образца составляет $6,69 \%$. Согласно [2] допустимая пористость газопламенного покрытия 1 класса должна быть не более 20% . Полученное значение пористости образца соответствует допустимому.

На рисунке 4 поры на поверхности сплава отмечены красным цветом.

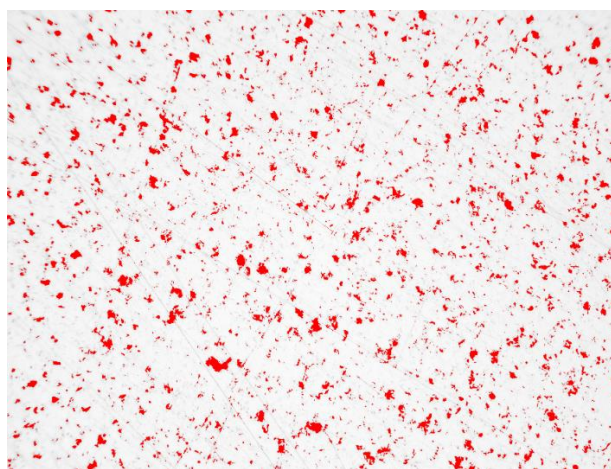


Рисунок 4 – Определение пористости газопламенного покрытия (x100)

Важность высокой твердости при исследовании газопламенного напыления неоспоримо проявляется в широком спектре его применения, от промышленного производства до научно-исследовательских лабораторий. Эта технология, основанная на взаимодействии порошковых материалов с пламенем, является одним из ключевых методов создания покрытий с уникальными свойствами.

Первое и самое очевидное преимущество высокой твердости заключается в способности материала противостоять износу. В промышленной среде, где

механические и термические нагрузки часто превышают предельные значения, именно твердые покрытия обеспечивают длительную и надежную защиту основных конструкций. Например, в машиностроении применение газопламенного напыления позволяет существенно продлить срок службы деталей, постоянно подвергаемых трению, таким как шестерни и валы.

Кроме того, высокая твердость покрытий играет важную роль в коррозионной стойкости. Слои, обладающие высоким уровнем механической прочности, более устойчивы к агрессивным химическим средам, что особенно ценно в нефтегазовой и химической отраслях, где оборудование постоянно подвергается воздействию коррозионных веществ.

Еще одним критически важным аспектом является устойчивость к термическим воздействиям. Твердые покрытия эффективны при высоких температурах, предотвращая деформацию и разрушение подложек в условиях экстремального нагрева. Это качество делает их востребованными в аэрокосмической области, где безопасность и долговечность материалов являются приоритетными задачами.

Кроме перечисленных факторов, высокая твердость положительно влияет на эстетические и эксплуатационные характеристики конечной продукции. Покрытия сохраняют свой первоначальный внешний вид и функциональность длительное время, что является важным преимуществом при производстве потребительских товаров высокой категории.

Твердость образцов измерялась методом Виккерса на твердомере ТП-3141. Вдавливание алмазной пирамидки осуществлялось при нагрузке 10 кгс. После чего измерялись длины диагоналей, вычислялось их среднее арифметическое. Длины диагоналей отпечатка на образце №1, изображенного на рисунке 5, составляют 139 и 142,37 мкм. Твердость измеряется по формуле (2):

$$HV = \frac{1,854 \cdot P}{d_{cp}^2} \cdot 1000, \quad (2)$$

где P – нагрузка, кгс;

d_{cp} – среднее арифметическое диагоналей, мкм.

$$HV = \frac{1,854 \cdot 10}{140,685^2} \cdot 1000 = 946,5.$$

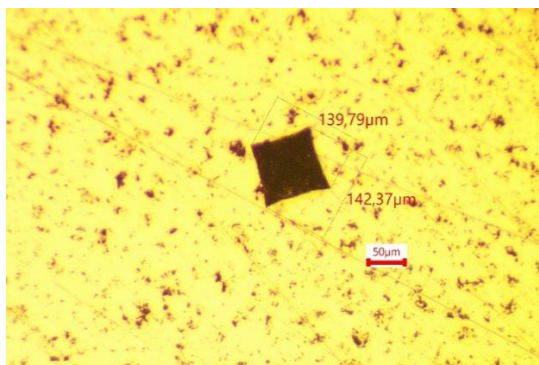


Рисунок 5 – Отпечаток после измерения твердости образца №1, x100

Твердость изготавливаемого образца не должна быть ниже 900 единиц по шкале Виккерса (при нагрузке 10 кгс и выдержке после вдавливания в течение 30 секунд). Твердость металла без газопламенного напыления, используемого для изготовления шаровой пробки после термической обработки – 372 HV, что значительно ниже твердости после газопламенного напыления. Образец соответствует требуемым значениям твердости и пористости и подтверждает целесообразность использования покрытия.

На образце №2 исследовалась граница основного металла с покрытием, изображенная на рисунке 6, на наличие окислов, трещин и других видов разрушения, так как это напрямую влияет на адгезию.

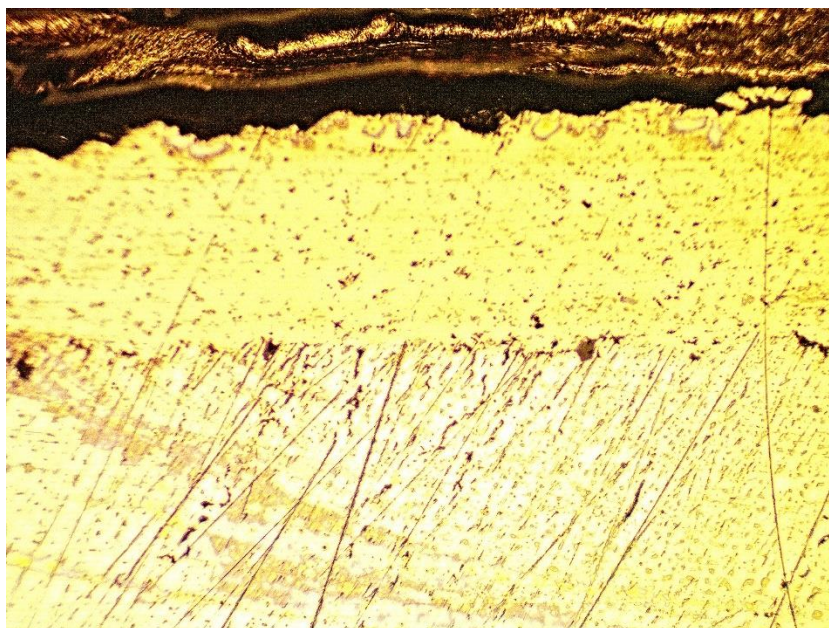


Рисунок 10 – Граница основного металла с покрытием образца №2, x100

Отсутствие дефектов на границе основного металла с покрытием, кроме пор, характерных для такого покрытия, свидетельствует о высоком качестве как самого металла, так и применяемого покрытия. Это говорит о том, что между материалами установлена надёжная «связь», что крайне важно для долговечно-

сти и устойчивости конструкции в целом. Это указывает на хорошие адгезионные свойства покрытия и отсутствие дефектов в процессе нанесения технологии. В результате конструкция может выдерживать значительные физические и химические нагрузки, минимизируя риск преждевременного износа или разрушения. Таким образом, отсутствие каких-либо повреждений на границе материалов указывает на совершенство производственного процесса и правильность выбора покрытия, что позитивно сказывается на эксплуатационных характеристиках изделия в долгосрочной перспективе.

В ходе проведенных исследований пористости и твердости над образцами с нанесенным покрытием, поперечного шлифа одного образца, и поперечного другого, можно сделать вывод что применение газопламенного покрытия целесообразно, особенно на шаровых пробках. Использование данного метода позволяет значительно улучшить функциональные характеристики исследуемых поверхностей за счет увеличения износостойкости и устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям. Применяемое покрытие отличается высокими адгезионными свойствами, что способствует долговечности эксплуатации и минимизации затрат на обслуживание. В результате испытаний было отмечено, что твердость образцов с газопламенным покрытием существенно превосходит аналогичные показатели у необработанных материалов. Кроме того, пористость покрытия позволяет обеспечивать дополнительную «сцепку» с рабочей жидкостью, что улучшает рабочие характеристики изделий, таких как шаровые пробки, в различных промышленных применениях. Таким образом, интеграция данной технологии в производственные процессы может стать ключевым фактором повышения качества выпускаемой продукции и оптимизации производственных затрат.

Список литературы

1 Асиновская, Г.А. Газопламенная обработка металлов: учебное пособие / Асиновская Г.А., Зеликовская Н.М., Коровин А.И. [и др.]. – Под ред. канд. техн. наук Д.Л. Глизманенко. – Москва: Профтехиздат, 1962. – 557 с.: ил.

2 ГОСТ 9.304-87. Единая система защиты от коррозии и старения покрытия газотермические. Общие требования и методы контроля.

3 Евсеев, Г.Б. Оборудование и технология газопламенной обработки металлов и неметаллических материалов: учебник для студентов вузов / Г.Б. Евсеев, Д.Л. Глизманенко. – М., «Машиностроение», 1974. – 312 с. с ил.

4 ГОСТ 21345-2005 Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия (с Поправками, с Изменением N 1 ред. от 05.09.2024).

5 Мустафин, Ф.М. Трубопроводная арматура: учебное пособие/ Ф.М. Мустафин, А.Г. Гумеров [и др.]. – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.

6 Повышение износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов: учебное пособие / С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин, Б.М. Шейнин. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 298 с. – ISBN 978-5-4417- 0134-10.

7 Реновация металлографического микроскопа [Электронный ресурс] / В. И. Юршев, В.С. Репях, А. С. Кириленко, Е. С. Козик, Н. В. Спешилова // Компьютерная интеграция производства и ИПИИ-технологии : сб. материалов X Всерос. конф., нояб. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т» ; гл. ред. А. И. Сердюк. – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2021. – С. 530-532. . – 3 с.

НАНЕСЕНИЕ ГАЗОПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

**Фот А.П.¹, д-р техн. наук, профессор,
Юршев В.И.¹, канд. техн. наук, доцент,
Кириленко А.С.¹, канд. техн. наук, Приймак Т.В.¹,
Юршев И.В.¹, Саранцев Н.С.²**

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»,
²ООО «ЮАЗ»**

Газопламенное напыление представляет собой современный и высокотехнологичный процесс нанесения покрытий на поверхности различных материалов. Этот метод основывается на использовании горелки, сжигающей смесь газа и кислорода для создания высокотемпературного пламени. В это пламя вводится порошковый материал, который оплавляется и с высокой скоростью наносится на поверхность изделия, формируя прочное и износостойкое покрытие.

Важность и актуальность процесса газопламенного напыления не вызывает сомнений, особенно в условиях современного промышленного производства, где долговечность и надежность деталей играют ключевую роль. Одним из основных преимуществ данного метода является возможность нанесения покрытия на детали сложной формы, а также контроля за толщиной и структурой нанесенного слоя, что обеспечивает изделиям дополнительную защиту от коррозии, износа и воздействия высоких температур.

Процесс газопламенного напыления карбидом вольфрама на поверхности деталей, таких как шаровая пробка, представляет собой передовую технологию, способствующую значительному повышению износостойкости этих компонентов. В современных условиях эксплуатации оборудование подвергается высоким уровням механического и термического воздействия, что в свою очередь приводит к необходимости поиска эффективных методов защиты и продления срока службы ключевых его узлов.

Карбид вольфрама, благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, таким как твердость и устойчивость к абразивному износу, становится подходящим материалом для применения в таких процедурах, как газопламенное напыление. В процессе напыления, высокотемпературная газовая струя расплавляет карбид вольфрама, который затем наносится на поверхность детали. Это формирует прочное покрытие с высокой адгезией, способное значительно снижать коэффициент трения и улучшать износостойкость шаровой пробки [1].

Особенно актуально применение данной технологии в тех отраслях, где производится транспортировка абразивных и коррозионноактивных материалов, например в нефтегазовой или горнодобывающей промышленности. Здесь

шаровые пробки, подвергаясь интенсивным нагрузкам, благодаря нанесенному покрытию из карбида вольфрама, демонстрируют значительно более продолжительный период эксплуатации без необходимости частой замены или проведения капитального ремонта. На рисунке 1 изображена шаровая пробка после нанесения покрытия.



Рисунок 1 – Шаровая пробка после газопламенного напыления

Процесс газопламенного напыления включает в себя распыление материала, который будет использоваться в качестве покрытия, в виде мелкодисперсного порошка или проволоки в факеле пламени. Сначала материал плавится, затем он проецируется на обрабатываемую поверхность, где быстро отвердевает, образуя прочное покрытие. Использование роботов в этом процессе допускает высокую степень контроля над равномерностью распределения покрытия, что особенно важно для сложных или труднодоступных поверхностей.

Автоматизированные системы с применением роботов обеспечивают не только точность нанесения, но и более высокую производительность. Программируемые роботизированные манипуляторы легко адаптируются под различные задачи, что позволяет значительно сократить время на переналадку оборудования и ручной труд. Это, в свою очередь, ведет к снижению производственных затрат и уменьшению вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором.

Кроме того, газопламенное покрытие, нанесенное с помощью роботов, обладает улучшенными характеристиками за счет равномерного распределения материала и отсутствия микродефектов, возникающих при традиционных методах нанесения.

Исследование свойств газопламенного напыления карбидом вольфрама осуществляется на основании анализа микроструктуры, пористости и твердости.

Образцы свидетели №1 и №2, изображенные на рисунке 2, изготавливались на Южноуральском арматурном заводе на установке HVAF 07T Spray Gun HVAF 02T Spray Gun с применением робота ABBIRB4600-40.

Участок для нанесения газопламенного покрытия изображен на рисунке 3.



Рисунок 2 – Образцы для исследования покрытия



Рисунок 3 – Участок для нанесения газопламенного напыления

Внешний осмотр показал высокую равномерность покрытия по всей площади шаровой пробки. Визуально измерительный контроль с применением лупы $\times 10$ каких-либо дефектов не выявил.

Список литературы

- 1 Асиновская, Г.А. Газопламенная обработка металлов: учебное пособие / Асиновская Г.А., Зеликовская Н.М., Коровин А.И. [и др.]. – Под ред. канд. техн. наук Д.Л. Глизманенко. – Москва: Профтехиздат, 1962. – 557 с.: ил.
- 2 ГОСТ 9.304-87. Единая система защиты от коррозии и старения покрытий газотермические. Общие требования и методы контроля.
- 3 Евсеев, Г.Б. Оборудование и технология газопламенной обработки металлов и неметаллических материалов: учебник для студентов вузов / Г.Б. Евсеев, Д.Л. Глизманенко. – М., «Машиностроение», 1974. – 312 с. с ил.
- 4 ГОСТ 21345-2005 Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия (с Поправками, с Изменением N 1 ред. от 05.09.2024).
- 5 Мустафин, Ф.М. Трубопроводная арматура: учебное пособие/ Ф.М. Мустафин, А.Г. Гумеров [и др.]. – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.
- 6 Повышение износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов: учебное пособие / С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин, Б.М. Шейнин. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 298 с. – ISBN 978-5-4417- 0134-10.
- 7 Реновация металлографического микроскопа [Электронный ресурс] / В. И. Юршев, В .С. Репях, А. С. Кириленко, Е. С. Козик, Н. В. Спешилова // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов X Всерос. конф., нояб. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос.

Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования
«Оренбург. гос. ун-т» ; гл. ред. А. И. Сердюк. – Электрон. дан. – Оренбург :
ОГУ, 2021. — . —
С. 530-532. . – 3 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Чаплыгин М.А., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Гальваника является одним из ключевых технологических процессов в машиностроении, обеспечивающим защиту металлических изделий от коррозии и придающим им эстетические свойства. Этот процесс включает нанесение металлического покрытия на изделия с помощью электрохимического осаждения. Современное машиностроение стремится к повышению эффективности и качества гальванических процессов путем их автоматизации, что позволяет снизить издержки и минимизировать влияние человеческого фактора.

Цель данной статьи – провести обзор основных подходов к автоматизации гальванических процессов и рассмотреть преимущества современных технологий.

Автоматизация гальванических процессов охватывает все ключевые этапы: подготовку поверхности, нанесение покрытия, сушку и контроль качества. На каждом этапе используются современные технологические решения, которые позволяют обеспечить высокую точность и повторяемость операций.

Принципы автоматизации включают:

- использование программируемых логических контроллеров (PLC) для управления оборудованием [1];
- внедрение систем сенсорной обратной связи для мониторинга и корректировки параметров процессов в режиме реального времени;
- применение систем SCADA (диспетчерское управление и сбор данных) для централизованного контроля и управления технологической линией;
- автоматическое дозирование химических растворов для поддержания стабильности состава электролита.

Автоматизация гальванических процессов значительно улучшает все аспекты производственного цикла.

Во-первых, точное соблюдение параметров технологического процесса позволяет достичь равномерного нанесения покрытия. Это значительно снижает вероятность возникновения дефектов, что особенно важно для обеспечения высокого качества продукции. Технологии автоматизации минимизируют ошибки, связанные с человеческим фактором, и гарантируют стабильность на всех этапах производства [2].

Во-вторых, автоматизация способствует сокращению производственных затрат. Экономия достигается за счёт точного дозирования химических растворов и оптимизации энергопотребления оборудования. Это позволяет существенно уменьшить расход ресурсов и улучшить экологическую составляющую процесса [3]. Кроме того, современные системы управления обеспечивают ра-

циональное использование материалов, что способствует снижению себестоимости продукции.

В-третьих, автоматизация существенно увеличивает производительность. Исключение необходимости ручного вмешательства ускоряет выполнение технологических операций, что позволяет сократить общее время производственного цикла. Кроме того, автоматизация упрощает управление сложными процессами, повышая эффективность на всех уровнях производства.

Наконец, повышение безопасности работы на производстве является важным преимуществом. Исключение прямого контакта человека с вредными веществами снижает риски для здоровья сотрудников. Также уменьшается вероятность аварийных ситуаций благодаря строгому контролю всех параметров производственного процесса.

На рисунке 1 представлен график, наглядно демонстрирующий различия между первоначальными затратами и стоимостью эксплуатации для различных покрытий. Эти данные помогают понять экономическую эффективность технологий в долгосрочной перспективе.

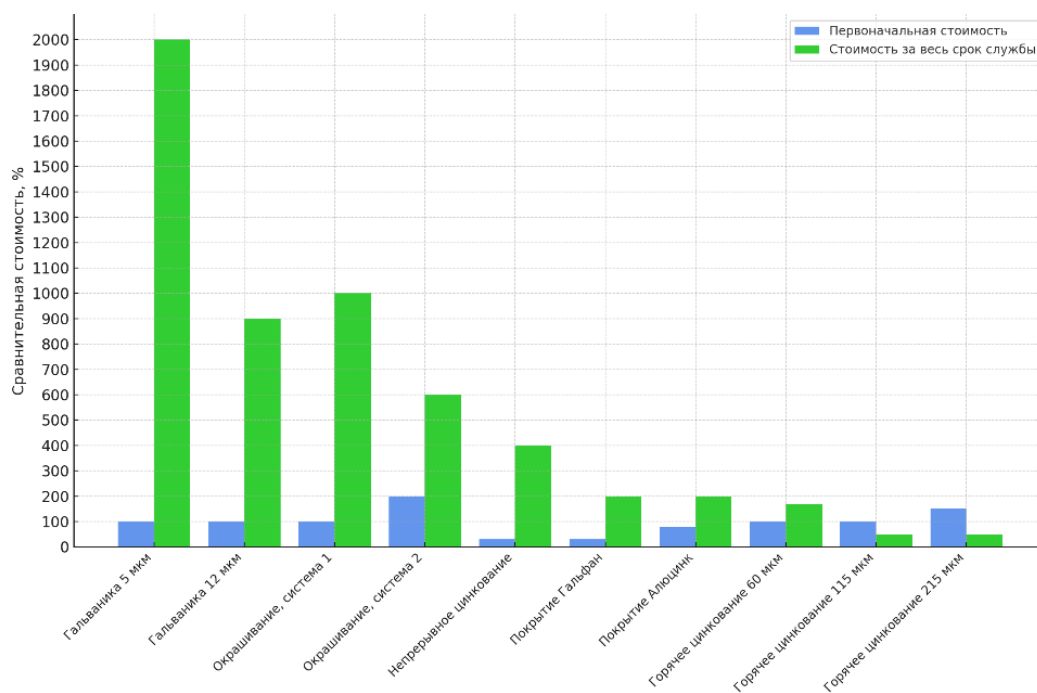


Рисунок 1 – Сравнение первоначальных затрат и эксплуатационных затрат в течение всего срока службы

Стоимость срока службы системы защиты от коррозии представляет собой сумму всех расходов в течение срока службы конструкции. Рассчитать стоимость срока службы может быть сложно без большого количества информации. Рисунок 1 дает хорошую оценку затрат, когда коррозионная среда соответствует классу С4, согласно официальному стандарту ГОСТ 34667.2— 2020 (ISO 12944-2:2017) [4]. Выбор долговечной обработки поверхности с низкой стоимостью срока службы также полезен для окружающей среды, поскольку он

экономит сырье и энергию и снижает выбросы углекислого газа в течение жизненного цикла. Оставшийся цинк на списанной конструкции также легко переработать и использовать снова.

График показывает сравнительные данные о первоначальных затратах и стоимости за весь срок службы для различных покрытий. Гальваника 5 мкм демонстрирует высокие эксплуатационные затраты (2000 %), несмотря на низкую первоначальную стоимость (100 %). Увеличение толщины до 12 мкм снижает эксплуатационные затраты до 900 % при сохранении тех же начальных затрат. Системы окрашивания имеют низкие первоначальные затраты (100 % – 200 %), однако стоимость за весь срок службы остаётся высокой (600 % – 1000 %), что ограничивает их экономическую эффективность. Современные покрытия, такие как Гальфан и Алюцинк, выделяются низкими затратами как на начальном этапе (30 % – 80 %), так и в течение срока службы (200 %). Горячее цинкование (60 – 215 мкм) демонстрирует сбалансированное соотношение начальных затрат (100 % – 150 %) и минимальных эксплуатационных затрат (50 % – 170 %), что делает его одним из самых эффективных решений.

Анализ стоимости первоначальных затрат и затрат за весь срок службы показывает, что тонкослойная гальваника (5 – 12 мкм) имеет высокие эксплуатационные расходы, что делает её менее эффективной в долгосрочной перспективе. Несмотря на низкую первоначальную стоимость, её долговечность уступает другим методам защиты металла, но если требуется краткосрочная защита, гальваника может быть оправдана.

На рынке представлены различные решения для автоматизации гальванических процессов. Например, компании ОВЕН и ЕКФ предлагают программируемые логические контроллеры и модули, которые позволяют интегрировать оборудование в единую систему управления. Эти технологии соответствуют международным стандартам и обеспечивают надежную и безопасную работу оборудования.

Примером автоматизированной линии гальваники является система, включающая:

- транспортировочные механизмы для перемещения изделий между ваннами;
- сенсорные системы для контроля параметров растворов (температуры, кислотности, плотности тока);
- программное обеспечение для анализа данных и оптимизации процессов.

В статье рассмотрены основные подходы к автоматизации гальванических процессов в машиностроении. Автоматизация позволяет значительно повысить эффективность, улучшить качество продукции, сократить издержки и минимизировать влияние человеческого фактора [5]. Применение современных технологий, таких как PLC и SCADA, способствует созданию устойчивых и оптимально работающих систем управления, которые обеспечивают надежность и стабильность даже в условиях интенсивной эксплуатации.

Автоматизация открывает новые перспективы для машиностроения, позволяя интегрировать ключевые этапы гальванических процессов в единую цифровую среду. Это создает предпосылки для дальнейшего улучшения производственных показателей, повышения конкурентоспособности предприятий и адаптации технологий к быстро меняющимся требованиям рынка.

Список литературы

1 Шишов, О.В. Современные средства АСУ ТП : учебник / О. В. Шишов. – Москва Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.

2 Милованов, И. В. Выбор и управление температурными режимами в гальванических ваннах / И. В. Милованов, С. А. Васильев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8. № 3. – С. 473-478.

3 Пчелинцева, И.Ю. Математическая модель и численная схема расчёта электрических полей в гальванических ваннах с плоским токонепроводящим экраном / И. Ю. Пчелинцева, Ю. В. Литовка // Дифференциальные уравнения и процессы управления. – 2021. – №3. – С. 1-13.

4 ГОСТ 34667.2-2020 (ISO 12944-2:2017). Материалы лакокрасочные. Защита стальных конструкций от коррозии при помощи лакокрасочных систем. Часть 2. Классификация условий окружающей среды. – Введ. 01.03.2022. – Москва: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2020.

5 Соловьева, И. А. Решение задачи оптимального управления токовыми режимами нанесения гальванического покрытия в ваннах со многими анодами / И. А. Соловьева, Д. С. Соловьев, В. В. Конкина, Ю. В. Литовка // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019611882 от 04.02.2019.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФЛАНЦА

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

Система автоматизированного проектирования – это автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [1].

Интеграция КОМПАС-3D и Python позволяет автоматизировать проектирование, генерировать чертежи и 3D-модели, а также ускорить работу в рамках систем автоматизированного проектирования (САПР). Для разработки САПР фланца с использованием КОМПАС-3D и Python можно использовать программный интерфейс API, предоставляемый через библиотеку COMPAS API. К основным причинам, почему КОМПАС-3D является хорошим выбором для задачи создания САПР фланца с использованием языка Python, можно отнести:

1) интуитивно понятная работа с параметрическим проектированием – КОМПАС-3D позволяет легко задавать параметры (например, диаметры, толщину, количество отверстий) и автоматически изменять модель при изменении этих параметров, что особенно полезно для проектирования фланцев, которые часто имеют стандартные размеры, но могут требовать тонкой настройки под конкретные задачи.

2) интеграция с Python через API – благодаря доступу к API КОМПАС-3D, можно программно создавать модели, управлять параметрами, автоматизировать рутинные операции и т.д., а Python позволяет легко писать скрипты для работы с КОМПАС-3D, что ускоряет процесс проектирования;

3) поддержка российских стандартов – КОМПАС-3D полностью соответствует российским стандартам (ГОСТ, ЕСКД), что особенно важно при проектировании фланцев для промышленности;

4) доступность и локализация – КОМПАС-3D разработан в России, что делает его доступным в плане лицензирования и поддержки, а локализованный интерфейс и документация упрощают обучение и использование;

5) расширенные возможности для 3D-моделирования – КОМПАС-3D предлагает мощные инструменты для создания как простых, так и сложных деталей, например создание эскизов или построение 3D-моделей с помощью операций выдавливания, вращения, вырезания и т.д., в свою очередь для фланца это позволяет легко моделировать как основное тело, так и отверстия, фаски, резьбы и другие элементы;

6) возможности автоматизации проектирования – используя Python, можно автоматизировать проектирование большого количества фланцев с разными

параметрами, что особенно полезно для серийного производства, вместе с этим КОМПАС-3D имеет возможность подключать данные из внешних источников (например, Excel), что позволяет автоматически генерировать модели по шаблону;

7) экспорт и совместимость – КОМПАС-3D поддерживает экспорт моделей в универсальные форматы (например, STEP, IGES, DWG), что упрощает интеграцию с другими САПР-системами и передачу данных на производство;

8) низкий порог входа – простота интерфейса и доступные учебные материалы позволяют быстро освоить КОМПАС-3D даже новичкам;

9) финансовая выгода – в сравнении с зарубежными системами проектирования (такими как SOLIDWORKS или AutoCAD), КОМПАС-3D доступнее, особенно для малого и среднего бизнеса, и как отечественное решение, данное ПО не подвержено ограничениям в связи с международной политикой.

Таким образом, КОМПАС-3D – это мощное, доступное и удобное решение для автоматизации проектирования фланцев. Гибкость в параметрическом моделировании, интеграция с Python, поддержка стандартов и высокая совместимость делают его идеальным выбором для инженерных задач любой сложности [2].

Один из вариантов автоматизации проектирования фланца – создание программного модуля и понятного интерфейса. Используя программный модуль, пользователь сразу может ввести входные параметры и получить результат в виде 3D-модели и чертежа. Для удобства восприятия нужно создать такой интерфейс, чтобы он был интуитивно понятен как для высококвалифицированных специалистов, так и обычному пользователю.

Сфера применения – компании и физические лица, занимающиеся проектированием фланцев.

Основное функциональное назначение – данное программное обеспечение в основном применяется инженерами и конечными пользователями, которым необходимо решить задачи, связанные с проектированием фланцев.

Для формирования технического задания на проектируемую САПР проведено функциональное моделирование с использованием методологии IDEF0.

IDEF0 (Integrated Definition for Function Modeling) – это метод моделирования функциональных систем, который используется для описания, анализа и проектирования бизнес-процессов, производственных процессов и других сложных систем. Метод основан на представлении системы в виде иерархии функций, что помогает визуализировать процессы и их взаимодействие [3, 4].

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма проекта.

Основная задача – проектировать фланец.

Входные данные задачи – информация о параметрах, типе и материале фланца. Механизмы – САПР фланца и пользователь. Выходные данные задачи – 3D-модель и чертеж фланца.

Декомпозиция задачи представляет собой последовательность из трех задач:

– указать тип и материал фланца;

- заполнить поля параметров фланца;
 - сформировать чертеж и 3D-модель фланца.
- Декомпозиция первого уровня представлена на рисунке 2.

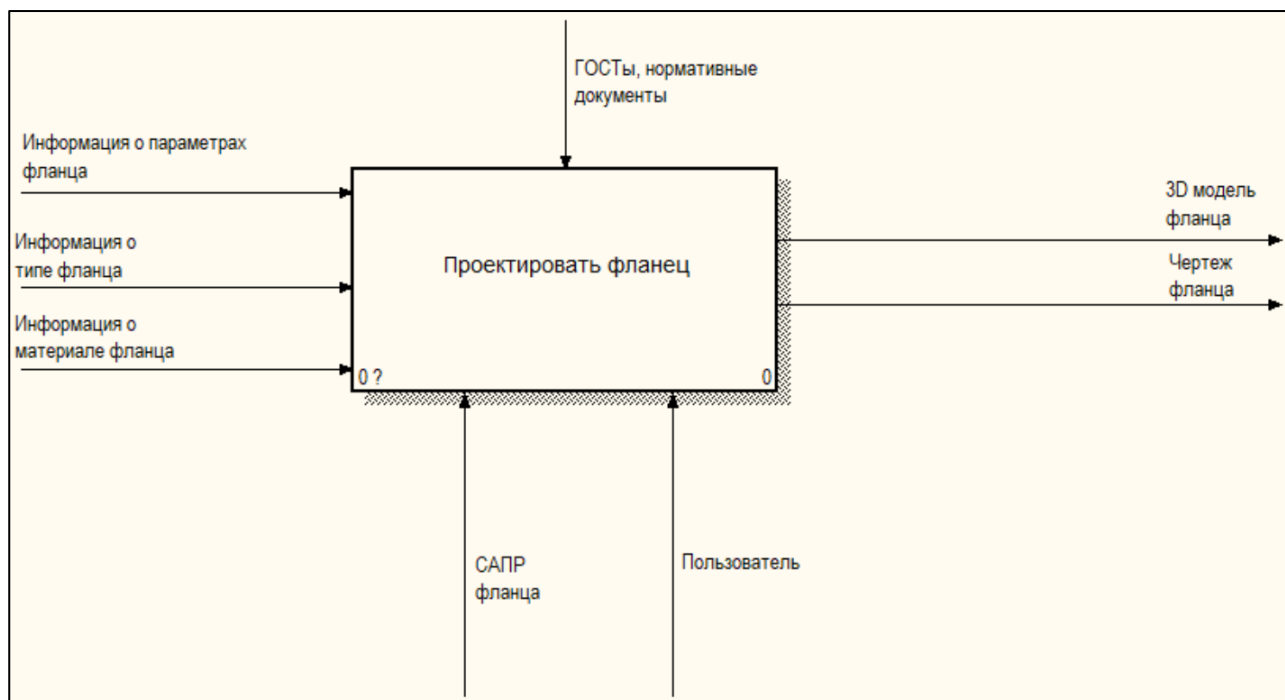


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма IDEF0

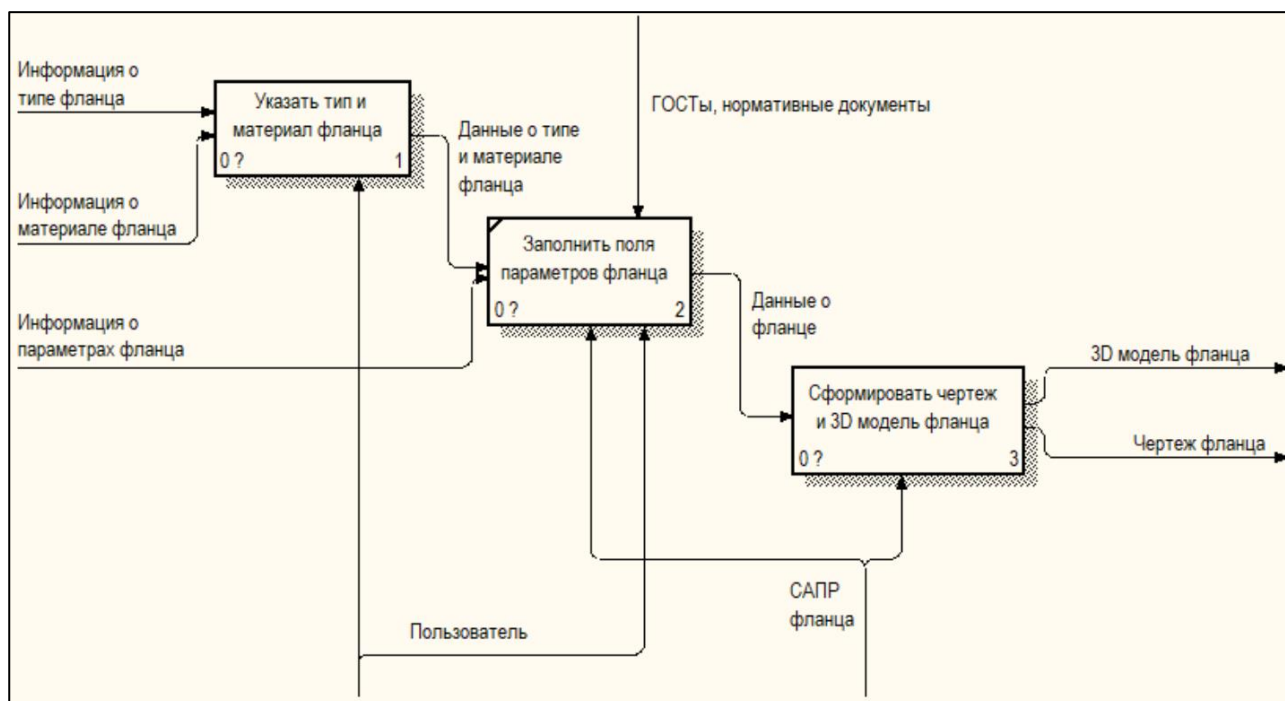


Рисунок 2 – Декомпозиция контекстной диаграммы

Рассмотрим декомпозицию задачи «Указать тип и материал фланца» (рисунок 3). Она состоит из двух подзадач:

- выбрать тип фланца;
- выбрать материал фланца.

Задача «Сформировать чертеж и 3D-модель фланца» (рисунок 4) состоит из четырех подзадач:

- создать документ .m3d;
- создать документ .cdw;
- построить 3D-модель;
- построить чертеж.

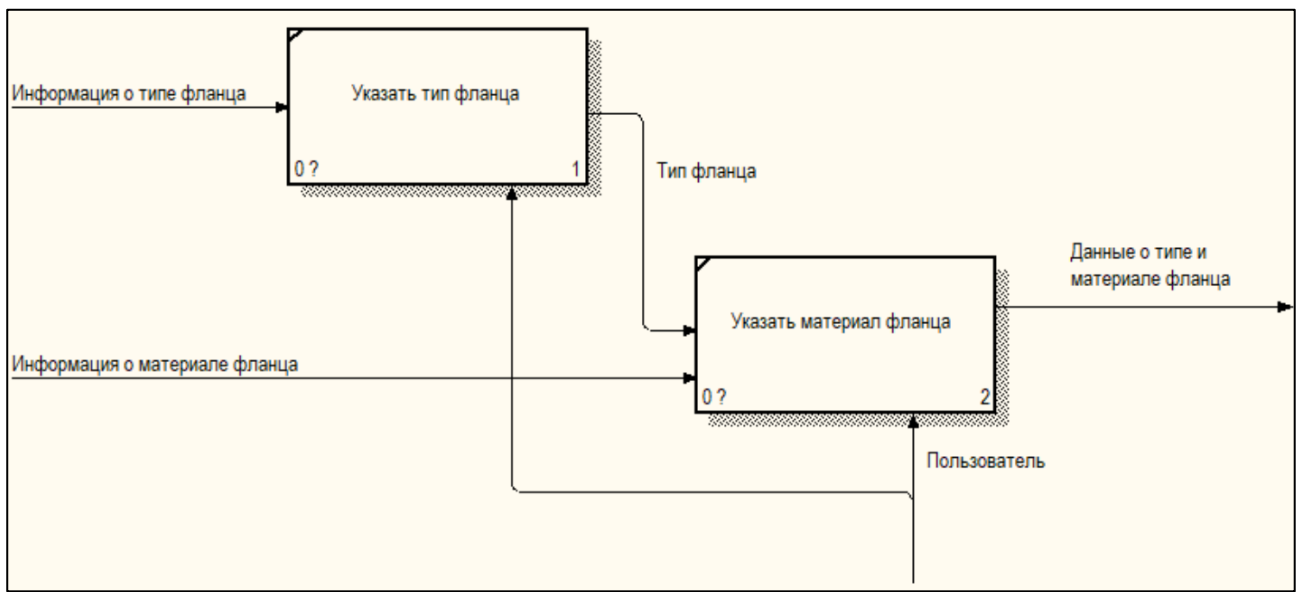


Рисунок 3 – Декомпозиция диаграммы «Указать тип и материал фланца»

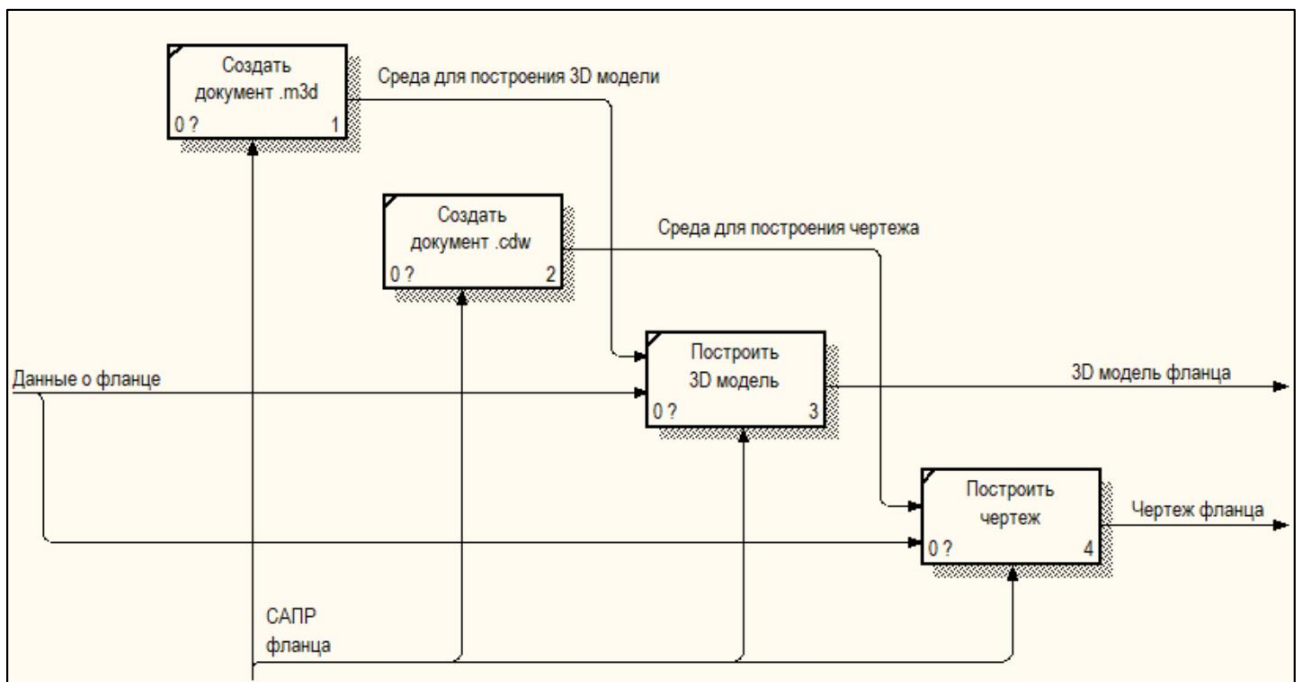


Рисунок 4 – Декомпозиция диаграммы «Сформировать чертеж и 3D-модель фланца»

Проведенное функциональное моделирование позволит перейти к программной реализации системы автоматизированного проектирования фланца.

Список литературы

1 Система автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/sistema-avtomatizirovannogo-proektirovaniia-82d30a> – 20.01.2025.

2 Шалимов, И. С. Изучение возможностей использования языка Python при разработке приложения для Компас-3D [Электронный ресурс] / И. С. Шалимов, А. М. Черноусова // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства : материалы Школы-семинара, Оренбург, 14 нояб. 2024 г. / Оренбург. гос. ун-т ; гл. ред. А. И. Сергеев; редкол.: М. А. Корнипаев, А. М. Черноусова. - Оренбург : ОГУ, 2024. - . - С. 265-268. . - 4 с.

3 РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. – М.: Госстандарт России, 2000. – 75 с.

4 Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. Руководящий документ. – Введ. 2002-07-01. – М.: Госстандарт России, 2001. – 72 с.