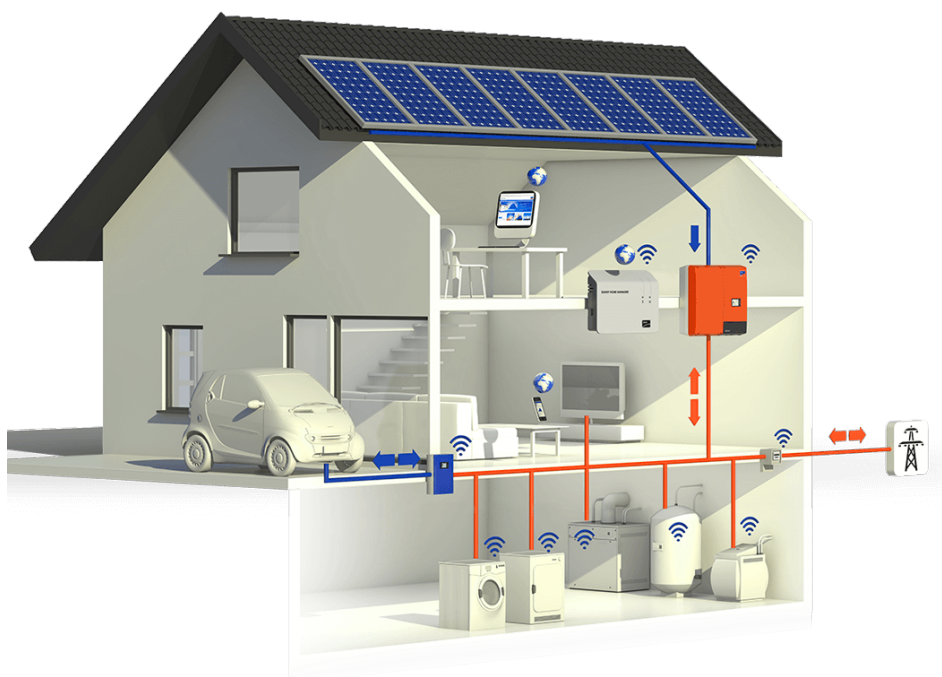


ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

МАТЕРИАЛЫ

V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей

Научное издание
2022 • Часть I



Санкт-Петербург
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики

МАТЕРИАЛЫ

**V Международной научно-практической
конференции обучающихся
и преподавателей
«ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ»**

Научное издание
2022 • Часть I

*Под общей редакцией
директора Института энергетики и автоматизации,
кандидата технических наук, доцента Т. Ю. Коротковой*

Санкт-Петербург
2022

УДК 620.9
ББК 31
Э 651

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук, доцент, директор Института энергетики и автоматизации
Т. Ю. Короткова (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики);

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теплосиловых установок
и тепловых двигателей

В. В. Барановский (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики);

доктор технических наук, профессор, директор Мегафакультета биотехнологий
и низкотемпературных систем

И. В. Баранов (Национальный исследовательский университет ИТМО)

Ответственные редакторы:

старший преподаватель кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей
М. С. Липатов (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики);

старший преподаватель кафедры иностранных языков

Е. Н. Лашина (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики)

Э 651 Материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей «Энергетика и автоматизация в современном обществе». В 2 ч. / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО СПбГУПТД; М. С. Липатов, Е. Н. Лашина; под общ. ред. Т. Ю. Коротковой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. — Ч. I. — 239 с.
ISBN 978-5-91646-306-4

В настоящем сборнике представлены материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей «Энергетика и автоматизация в современном обществе», состоявшейся 20 мая 2022 года в Санкт-Петербурге.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, проявляющих интерес к рассматриваемой проблематике.

Материалы представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Организаторы конференции не несут ответственность перед авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

Материалы конференции размещены в научной электронной библиотеке elibrary.ru и зарегистрированы в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования).

УДК 620.9
ББК 31

ISBN 978-5-91646-306-4

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2022
© Коллектив авторов, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Карпович А. М. Основные моменты разработки программной платформы для отрасли АПК.....	6
Абрамушин А. Л., Демина М. Ю., Яшкевич Е. А. Спектральный состав излучения светодиодных ламп.....	10
Шилин Д. А., Кривошеев С. В. Маятниковый чувствительный элемент.....	15
Полунин Я. В., Коновальцев Э. В. К вопросу защиты программного продукта от несанкционированного копирования.....	21
Краснова К. А., Козлов В. К. Измерение сопротивления изоляции трансформатора тока.....	27
Морозова Р. В., Рыбакова А. В., Лисицких Р. Ф. Основные проблемы построения эффективной системы управления организацией.....	31
Игошин Я. Е., Сафиуллин И. Р., Шарафеев И. Ш. Проблемы цифровизации и стратегия ее организации.....	35
Привалова О. А., Томашинова А. Е. Управление рисками в цепях поставок.....	41
Лобанова М. С., Лобанова Л. И. Утилизация осадков гальванических производств.....	44
Султанова С. В. Проблемы введения и пути решения удалённой формы обучения во время пандемии на карантине.....	49
Тажibaева А. В., Митрайкин В. И. Диагностика ударных повреждений фрагмента лопасти ветрогенератора.....	55
Капен Т. А., Метелев И. С. Перспективы передачи энергии лазером.....	60
Краснов Д. В., науч. руководитель Вилданов Р. Р. Увеличение безопасности АЭС с использованием водородных технологий.....	64
Глухов С. М., Ширманов И. А., Ташлыков О. Л. Расчетная оценка теплофизических параметров пассивной системы теплоотвода остаточных тепловыделений ОТВС ШХ.....	68
Ценян А. А., Макаревич В. Д., Романенко В. В. Роль автоматизированных аналитических приложений в обеспечении надежности железнодорожного пути.....	74
Шилин Д. А., Кривошеев С. В. Модель гировертикали в программе MATLAB.....	79
Цыплюк В. А. Влияние биосурфактантов на образование газовых гидратов.....	84

Vekilova Ch. G., Soltanmyradov G. A., Ovlyagulyyev M. Economic and environmental aspects of the development of renewable energy sources.....	90
Дельмухаметов Д. Р., Арутюнова Н. К. Обзор пользовательских интерфейсов интернет-сайтов о кино.....	94
Еникеев Р. Р. Опыт внедрения системы фрикулинга для утилизации холода воды из скважины на предприятии по производству безалкогольных напитков.....	100
Казанцев Р. В., науч. руководитель Горобченко С. Л. Системы усовершенствованного управления технологическими процессами....	105
Губарев В. В., Королев И. Д. Представление автоматной модели специализированной автоматизированной информационной системы в виде агрегата.....	113
Махмудова А. С., Сабитов А. Ф. Анализ применимости инструмента управления качеством производственных процессов «статического управления процессами» (SPC).....	120
Яковлев В. П. Выбор общего критерия эффективности для системы контроля выбросов парниковых газов.....	126
Горобец А. И. Снижение прочности проводов воздушных линий на разрыв под натяжением...	132
Ганис Д. В., Никешин В. Г., Сидельников В. И. Особенности разработки функциональных диаграмм и мнемосхем на базе платформы VALMET DNA.....	136
Кашеев К. О., Благодарный Н. С. Сравнительный анализ отечественных частотных преобразователей.....	141
Ахметзянов И. И., Бакиров И. И., Урахчинский И. Н. Сравнительный анализ архитектурных стилей API при разработке веб-приложений.....	145
Гатауллин Н. Р., науч. руководитель Вилданов Р. Р. О месте АЭС в развитии энергетики Татарстана.....	149
Ширяев А. Д., Яшкевич Е. А., Кульбицкая М. Н. Исследование электрических и светотехнических характеристик светодиодных ламп.....	156
Косников М. С. Методы и технологии анализа больших данных.....	162
Назметдинов Н. Р. Перспективы применения водородного топлива на автомобилях.....	166
Александрова В. Е., Башарина И. А. Риски аварий на угольных шахтах. Меры для снижения взрывоопасности.....	170
Васюхно Н. С., науч. руководитель Благодарный Н. С. Особенности и сравнительный анализ скалярного и векторного управления в асинхронных двигателях.....	175

Филимонов С. С.	
Сравнение характеристик охлаждения трансформаторного масла.....	179
Артемьева Н. А., Антонова Т. Л., Ксенофонтов С. И.	
Горение капель горючей жидкости в облаке распыла.....	183
Шишкина Д. М., Шендалев А. Н.	
Система управления рисками в электросетевой компании ПАО «Россети».....	187
Сидельников В. И.	
Использование виртуальных датчиков в системах автоматизированного управления.....	192
Хусаян С., Хуанбай Е.	
Влияние температуры на электрофизические свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, полученных методом лазерной абляции.....	196
Ширяев А. Д., Крюков К. А., Лейман В. И.	
Способы повышения энергоэффективности зданий. Пассивный дом.....	203
Ремизова И. В., Кротова С. Ю.	
Анализ систем автоматизации класса ERP для предприятий нефтегазового сервиса.....	208
Бессонов И. А., Ивакина А. Д., Климова В. А., Ташлыков О. Л.	
Моделирование процесса переноса тепла с помощью излучения.....	214
Полякова С. В., науч. руководитель Россиева Д. В.	
Моделирование и описание бизнес-процессов на примере ветклиники IRBIS...	220
Сабзалыев С. А., Зятиков И. Д.	
Энергоэффективность использования частотно-регулируемого привода.....	225
Кругликов Ю. А., Исаков Р. Г.	
Влияние источников распределенной генерации на распределительные сети и токовые защиты.....	232

ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОТРАСЛИ АПК

Старший преподаватель **Карпович Андрей Михайлович**,
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассматриваются основные этапы разработки программной платформы для конкретной отрасли агропромышленного комплекса, рассмотрен порядок ее разработки и основные требования, предъявляемые к нему на различных этапах.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, информационные технологии, цифровая платформа, рентабельность, внедрение, профессиональные компетенции.

HIGHLIGHTS OF THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PLATFORM FOR THE AGRICULTURAL INDUSTRY

Senior Lecturer **Karpovich Andrey Mikhailovich**,
Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article discusses the main stages of the development of a software platform for a specific branch of the agro-industrial complex, considers the procedure for its development and the main requirements imposed on it at various stages.

Keywords: agro-industrial complex, information technology, digital platform, profitability, implementation, professional competencies.

Современное сельское хозяйство, независимо от его территориального размещения, тесно связано с использованием различных информационных технологий на всех этапах своей деятельности. Каждая новая информационная технология, применяемая к любому классическому процессу, позволяет повысить его эффективность. Результатом этого является улучшение финансовых параметров работы отдельного предприятия и всей отрасли в целом. Масштабная цифровизация современного производства предоставляет большое количество вариантов использования информационных технологий [1].

Использование современных цифровых технологий позволяет получить наибольший эффект в тех отраслях, которые имеют низкую рентабельность. В этом случае поиск эффективного решения практической задачи позволяет

получить значительные результаты. Стоит отметить, что цифровые технологии можно применять и в высоко рентабельных отраслях. Однако в этом случае реальный эффект будет значительно меньше. Причиной этого является то, что в высоко рентабельных отраслях имеющиеся запасы повышения качества выполняемых операций практически исчерпаны. В случае же низкорентабельных отраслей качество имеющихся операций не достигает своего оптимума. Как следствие, результат от вложения финансовых средств в низкорентабельной отрасли выше, чем в высокорентабельных отраслях.

Использование цифровых платформ в сельском хозяйстве эффективно в связи с тем, что в отрасли есть огромный запас улучшения качества различных этапов производства сельскохозяйственной продукции. В результате их внедрения происходит улучшение взаимосвязи производителя, промежуточных исполнителей и конечных потребителей, снижение затрат на всех этапах производства сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь сопровождается снижением стоимости конечной продукции.

Цифровая платформа представляет собой совокупность цифровых, информационных и компьютерных технологий, которые реализовываются в некоторой отрасли в целях улучшения качества ее работы [2].

Стоит отметить, что разработка и внедрение различных цифровых платформ в агропромышленном комплексе представляет собой процесс, который имеет общие характеристики, независимо от конкретной отрасли. Вместе с тем необходимо отметить, что каждая конкретная отрасль должна иметь собственную цифровую платформу. Причиной этого является то, что учет особенностей работы конкретной отрасли и предприятия не позволяет реализовать эти особенности в рамках одной цифровой платформы. Однако большое количество различных операций имеют схожие параметры или в различных отраслях имеются одинаковые по содержанию действия.

Процесс разработки цифровой платформы для конкретной отрасли агропромышленного комплекса представляет собой сложную систему различных операций, оценка качества которых может изменяться в течение всего процесса. Простейшая попытка определения стоимости разработки и внедрения цифровой платформы показывает невозможность выполнения этого действия перед началом разработки. Практика показывает, что стоимость разработки, а также и количество различных видов работ может значительно изменяться на протяжении всех этапов работы.

Цифровая платформа, готовая к внедрению в конкретную отрасль, до этапа ее внедрения представляет собой совокупность большого количества различных приложений (субплатформ) и баз данных. Взаимодействие этих элементов может представлять собой сложную систему с неограниченным количеством связей.

Процесс разработки цифровой платформы представлен в четырех этапах [3].

Первый этап разработки цифровой платформы заключается в определении совокупности ключевых компетенций. Эти компетенции целью своей имеют формирование профессионального сообщества, которое будет направлено на разработку этой платформы. Фактически, данный этап разработки заключается в формировании рабочей группы, осуществляющей дальнейшую разработку платформы, отдельных ее составляющих и их взаимосвязи.

На втором этапе происходит осуществление нескольких параллельных процессов. Один из них заключается в разработке ядра цифровой платформы или ее тестового прототипа. Рабочая группа осуществляет накопление специфических данных, которые формируют первоначальный облик платформы, а также приблизительное описание процесса ее работы. Одновременно с этим осуществляется процесс формирования профессиональных компетенций в вопросе описания конкретных технологических операций. Описание этих технологических операций осуществляется специалистами в исследуемой отрасли. Одной из проблем этого этапа разработки является необходимость взаимодействия профессиональных компетенций аграрного профиля и непосредственно технических специалистов, создающих цифровую платформу.

Третий этап заключается непосредственно в формировании законченного образа цифровой платформы. В этот момент разрозненные приложения объединяются в одну систему и соответствуют техническому проекту, разработанному для нашей платформы.

Заключительный этап разработки платформы заключается во внедрении и развитии цифровой платформы.

Результаты внедрения цифровой платформы могут быть явно описаны финансовыми показателями. Стоит отметить, что внедрение цифровой платформы в работу конкретной агропромышленной отрасли или предприятия могут иметь сопутствующие факторы, которые сложно описать явно. Оптимизация деятельности предприятия позволяет формировать долгосрочную политику в отношении ее различных составляющих [4].

Опыт разработки и внедрения программных продуктов показывает, что улучшение финансовых показателей предприятия сопровождается следующими изменениями:

1. Снижение тяжести и сложности выполняемых специалистом работ. Одной из характеристик агропромышленного комплекса являются сложные и тяжелые условия труда сотрудников, что снижает количественные и качественные характеристики кадрового потенциала отрасли.

2. Изменение временных рамок выполняемых работ. Информационные технологии при своем использовании позволяют снизить временные затраты на различных этапах работы, так как задача выполнения различных расчетов и определение оптимального результата перекладывается на информационную систему.

3. Появление возможностей выбора оптимальной стратегии выполнения конкретных работ или судьбы предприятия. Реальность современного агропромышленного комплекса на постсоветском пространстве такова, что большинство предприятий существуют в условиях ограниченных ресурсов. В этом случае специалистам и руководителям приходится осуществлять выбор того, чем можно пожертвовать для достижения поставленной цели. Осуществляемый выбор часто выполняется без проверки возможных альтернатив. В случае использования цифровых платформ существует возможность оценки всех возможных альтернатив, что позволяет выбрать максимальные результаты с минимальными потерями [5].

Список литературы:

1. Чутчева, Ю. В. Цифровые трансформации в сельском хозяйстве / Ю. В. Чутчева, Ю. С. Коротких, А. А. Кирица. – Текст: непосредственный // Агроинженерия. – 2021. – № 5(105). – С. 53-58.

2. Цифровые технологии в животноводстве: учебно-методическое пособие. В 4 ч. Ч. 1. Роль и место цифровых технологий в животноводстве / Соляник А. В. [и др.]. – Горки: БГСХА. – 2021. – 72 с. – Текст: непосредственный.

3. Орлова, Л. С. Тенденции развития и внедрения цифровых платформ / Л. С. Орлова. – Текст: непосредственный // Креативная экономика. – 2021. – Том 15. – № 1. – С. 35-44.

4. Карпович, А. М. Использование математической модели севооборота сельскохозяйственных культур в контексте проблемы поддержания плодородия земель / А. М. Карпович. – Текст: непосредственный // Агропанорама. – 2017. – № 1. – С. 23-27.

5. Система поддержки принятия решений по оптимизации структуры сырьевого конвейера для обеспечения хозяйств кормами / Галушко Е. В. [и др.]. – Текст: непосредственный // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23-24 марта 2017 г. – Минск: БГАТУ. – 2017. – С. 31-33.

© Карпович А. М., 2022

СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Студент **Абрамушин Андрей Леонидович**,
Канд. ф.-м. наук, доцент **Демина Маргарита Юрьевна**,
Канд. ф.-м. наук, доцент, зав. кафедрой физики
Яшкевич Екатерина Александровна,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены способы получения белого света при помощи светодиодов. Проведено исследование дифракционного и дисперсионного спектров светодиодных ламп фирмы Uniel, экспериментально показано, что данные светодиоды имеют сплошной спектр излучения.

Ключевые слова: спектр, излучение, светодиод, дифракция, дисперсия.

SPECTRAL COMPOSITION OF EMISSION OF LED LAMPS

Student **Abramushin Andrey Leonidovich**,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor
Demina Margarita Yur'evna,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Head of the Department of Physics **Yashkevich Ekaterina Alexandrovna**,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. Methods for obtaining white light using LEDs are considered. A study of the diffraction and dispersion spectra of LED lamps has been carried out. It has been experimentally shown that these LEDs have a continuous emission spectrum.

Keywords: spectrum, radiation, LED, diffraction, dispersion.

Светодиоды, или светоизлучающие диоды (light emitting diode = LED) – электрические источники света, непосредственно преобразующие электрическую энергию в световую [1].

Светодиод – полупроводниковый прибор, излучающий свет определенного цвета, который имеет кардинальные отличия от традиционных источников света, в числе которых лампы накаливания, люминесцентные лампы и разрядные лампы высокого давления. Светодиод не имеет газа и нити накала, в нём отсутствуют хрупкие стеклянные колбы и потенциально ненадежные подвижные детали. В сравнении с другими видами световых ламп, по количеству вредных веществ светодиоды принадлежат к наиболее экологически чистым

источникам света [2]. При изготовлении светодиодов из разных полупроводниковых материалов получают светодиоды, которые излучают свет разного цвета. Это происходит, т.к. разные материалы испускают фотоны с определенной длиной волны, что соответствует разным цветам видимого света. В первых светодиодах применялись такие материалы, как фосфид галлия (GaP), тройное соединение AlGaAs и тройное соединение GaAsP. Они формировали излучение от красного до желто-зеленого цвета. В настоящем GaP, AlGaAs и GaAsP применяются только с целью производства индикаторных светодиодов, так как большие токи, необходимые для получения излучения, и огромная теплота, выделяющаяся при работе светодиодов, изготовленных из данных материалов, существенно уменьшают период их работы. Для производства осветительных светодиодов применяются новейшие материалы, которые способны выдерживать необходимые уровни тока, высокий нагрев и высокую влажность. В красных и янтарных светодиодах высокой яркости применяются полупроводники алюминий индий – галлий (AlInGaP); в синих, зеленых и голубых – индий – нитрид галлия (InGaN). Светодиоды, в производстве которых используют AlInGaP и InGaN, в совокупности перекрывают почти всю область видимого спектра излучения с промежутком в области желто-зеленого и желтого цветов [3].

Одним из методов получения «сложных» цветов является совместное использование в одном осветительном приборе светодиодов, изготовленных из разных материалов. Именно объединение в одном приборе светодиодов разного цвета, например, в таком как светильник или многокристальный светодиод, и управление интенсивностью излучения светодиодов разных цветов и позволяет получить миллионы оттенков, излучаемых светодиодом. В полноцветном светодиодном приборе для излучения света, имеющего различные оттенки, используют цветовую модель RGB (R – красный, G – зеленый, B – синий), подобная технология применяется в телевизионном экране или компьютерном мониторе.

Цветовая модель RGB – это модель аддитивного смешения цветов, которую используют для света, непосредственно излучаемого его источниками. Уникальность полноцветных светодиодов состоит в их возможности излучать свет любого цвета, не используя светофильтры и прочие внешние устройства, что в корне отличает их от других источников света. При использовании полноцветных светодиодных источников света с контроллерами освещения создаёт возможность создавать как простые цветовые эффекты, так и полноценные световые шоу и даже крупномасштабные видео-дисплеи.

Получения белого света с помощью светодиодов возможно лишь двумя способами: метод RGB и люминофорные технологии. Метод RGB представляет собой получение белого цвета с помощью пропорционального смешивания красного, зеленого и синего цветов. Люминофорные технологии получения белого света представляют собой использования одного светодиода коротковолнового излучения, например, синего или ультрафиолетового, в комбинации с желтым люминофорным покрытием. Фотоны, излучаемые светодиодом, либо проходят через нанесённое люминофорное покрытие без

изменения, либо преобразуются в нём в фотоны жёлтого цвета. Пара фотонов синего и желтого цвета создает белый свет.

Метод RGB даёт возможность создавать белый свет точного оттенка, способного подчеркивать освещаемые цвета. Но сложность создания белого цвета RGB технологией заключается в сравнительно сложном оборудовании, которое необходимо из-за использования сразу трёх светодиодов. При этом получаемый свет плохо передает пастельные тона, что указывает на низкий индекс цветопередачи белого света, который получают методом RGB.

Белые люминофорные светодиоды гарантируют наилучшую цветопередачу, нежели белые RGB-светодиоды, в основе своей сравнимые с люминесцентными источниками света. Также одним из преимуществ люминофорной технологии в сравнении с RGB следует указать высокую энергоэффективность. Именно она и хорошая цветопередача делают люминофорные технологии более привлекательным способом получения белого света. Цвет, который излучает светодиод, зависит от ширины запрещенной зоны полупроводника, которая имеет для разных материалов свои размеры, и легирующих примесей.

Энергия квантов, излучаемых светодиодом, зависит от их частоты: чем она выше, тем больше ширина запрещенной зоны, следовательно, для её преодоления требуется большее количество энергии, а значит, и больше энергия излучаемого кванта. Яркость светодиода зависит от величины прямого тока [4]. Однако, чем выше цветовая температура светодиода, тем больше происходит излучения в синем и голубом спектре.

Человеческий глаз имеет наибольшую чувствительность к синему свету, который при продолжительном воздействии может вызывать деградацию сетчатки глаза. Поэтому для более безопасного использования светодиодов рекомендуется включать лампы накаливания малой мощности.

Преимущества светодиодов:

- высокая эффективность – в световую энергию преобразуется до 50-80% электрической энергии;
- большое разнообразие;
- высокая надежность – срок службы 50000-100000 часов;
- безопасность для здоровья – отсутствие в спектре излучения ИК и УФ излучения, опасных для здоровья материалов – ртути, галогенов и др.

Недостатки светодиодов:

- относительно высокая цена;
- потускнение.

При перегреве полупроводникового кристалла диод тускнеет, поэтому качественное теплоотведение в светодиодных лампах – очень важная задача.

В работе исследовали спектральный состав светодиодных ламп Uniel Sapphire и Uniel air. Колбы ламп выполнены из прозрачного материала, т.е. отсутствует люминофорное покрытие, следовательно, в светодиодах применена RGB-технология.

Параметры ламп, согласно информации производителя, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристические данные СД-ламп

Тип СД-лампы	Световой поток, лм	Электрическая мощность, Вт	Индекс цветопередачи, Ra	Цветовая температура, К
Uniel Sapphire	800	8	80	4000
Uniel air	490	5	80	4000

Первоначальной задачей было зафиксировать спектр светодиода. По полученным данным необходимо было сделать выводы о его составляющей и сравнить со спектром белого света. Исследование дифракционного спектра проводили с помощью экспериментальной установки, представленной на рис. 1. Излучение от лампы пропускали через дифракционную решетку с постоянной $d = 0,02$ мм. Наблюдали дифракционный спектр, представляющий собой неокрашенный (белый) максимум нулевого порядка и цветные полосы максимумов больших порядков, расположенных симметрично относительно нулевого максимума (рис. 2).

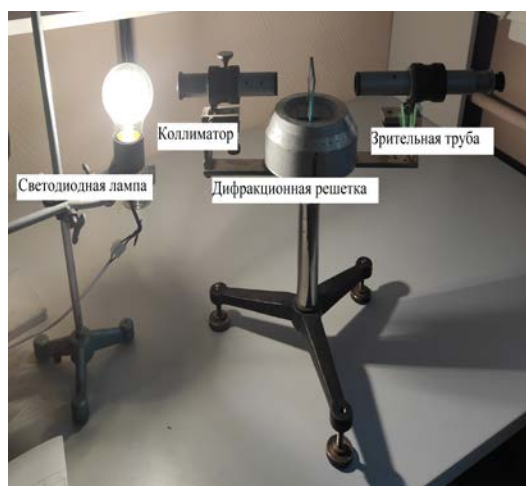


Рис. 1. Экспериментальная установка для наблюдения дифракционного спектра

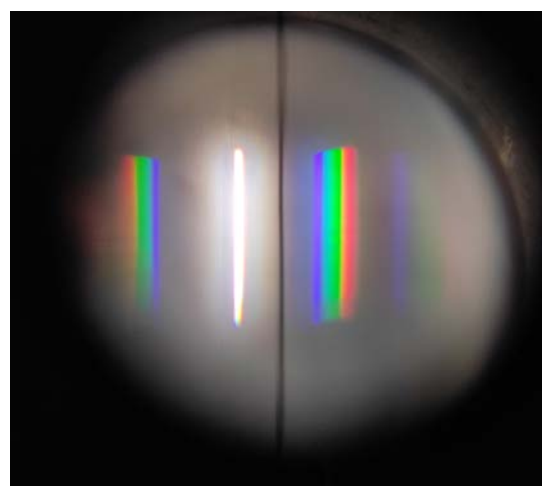


Рис. 2. Дифракционный спектр светодиодной лампы

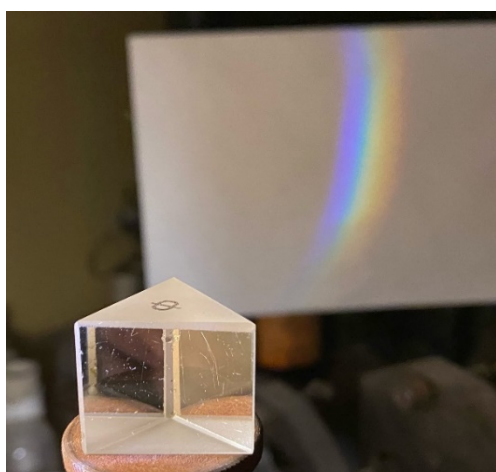


Рис. 3. Дисперсионный спектр светодиодной лампы



Рис. 4. Дифракционный спектр лампы накаливания

По полученным данным можно сделать следующий вывод: в ходе эксперимента были зафиксированы дифракционный и дисперсионный спектры светодиода. Было установлено, что данные спектры имеют все длины волн излучения видимой области (рис. 3, 4); в спектрах нет разрывов, и в поле зрения можно видеть сплошную разноцветную полосу, а значит, можно сделать вывод о непрерывности спектра излучения лампы в видимой области, аналогично спектру излучения лампы накаливания (рис. 4).

Список литературы:

1. Колпачёв, А. Б. Квантовые явления в оптике: учебное пособие / А. Б. Колпачёв, О. В. Колпачёва – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 129 с. – Текст: непосредственный.
2. Спектр излучения белых светодиодов. Электрика и освещение. Подборки и рекомендации: [сайт]. – URL: <https://1000electric.com/spektr-izlucheniya-belyh-svetodiodov/> (дата обращения: 16.04.2022). – Текст: электронный.
3. Дёмина, М. Ю. Светотехника: учебное пособие / М. Ю. Дёмина – Сыктывкар: СЛИ, 2016. – 116 с. – Текст: непосредственный.
4. Волков, А. Ф. Курс физики. В 2 томах. Т. 2. Колебания и волны. Волновая и квантовая оптика. Элементы квантовой механики. Основы физики твёрдого тела. Элементы физики атомного ядра: учебное пособие для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева. – 2-е изд. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2019. – 280 с. – Текст: непосредственный.

© Абрамушин А. Л., Демина М. Ю., Яшкевич Е. А., 2022

МАЯТНИКОВЫЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Студент **Шилин Дмитрий Андреевич**,
Канд. техн. наук, доцент **Кривошеев Сергей Валентинович**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В работе приведена схема построения жидкостного маятникового чувствительного элемента (МЧЭ) с индуктивным датчиком угла с заданной зоной линейности и с жидкостным крыльчатим демпфером. МЧЭ предназначен для формирования горизонтальной коррекции одноосной силовой гировертикали. Результатом конструкторских исследований стал патент на полезную модель РФ №209332.

Ключевые слова: маятник, демпфер, коррекция, датчик индуктивный, гиросtabilизатор.

PENDULUM SENSING ELEMENT

Student **Shilin Dmitry Andreevich**,
PhD in Technology, Associate Professor **Krivosheev Sergey Valentinovich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. The paper presents a scheme for constructing a liquid pendulum sensing element (PSE) with an inductive angle sensor with a given linearity zone and with a liquid wing damper. The PSE is designed to form a horizontal correction of a uniaxial power gyro. The result of the design research was the patent for the utility model of the Russian Federation No. 209332.

Keywords: pendulum, damper, correction, inductive sensor, gyrostabilizer.

Маятниковые чувствительные элементы (МЧЭ) – это обобщенное название устройств, которые измеряют углы отклонения от плоскости горизонта, и их сигналы используются либо для формирования угла отклонения с последующей индикацией, либо непосредственно используются для управления силовыми элементами, например, коррекционными моторами (датчиками моментов) гироскопических приборов, которые в большинстве случаев являются управляемыми двухфазными индукционными двигателями или датчиками моментов магнитоэлектрического типа.

МЧЭ можно классифицировать по следующим признакам: по наличию плоскостей измерения – однокоординатные или двухкоординатные; по диапазону измерения; по полосе пропускания; по виду выходного сигнала; массогабаритным параметрам; по стоимости.

В работе рассматривается построение и анализ работы МЧЭ средней точности с расширенной зоной линейности, созданный на серийных элементах гироскопического приборостроения, предназначенный для организации цепи коррекции силовой гировертикали малогабаритного путеизмерителя, предназначенной для контроля качества железнодорожных путей по уровню.

Известен двухкоординатный жидкостной маятниковый переключатель (ЖМП) [1, с. 87], который является сплюсненной медной чашей, наполненной токопроводящей жидкостью, имеющий большое удельное электролитическое сопротивление. Жидкость наполняется в чашку так, чтобы внутри остался пузырек воздуха. Крышка чашки имеет внутренний сферический радиус, а также сделана из изоляционного материала. Зона пропорциональности определяется вмонтированными в крышку четырем контактам, пятым контактом является сама медная чашка. Данный электролитический маятник используется в качестве МЧЭ в системах продольной и поперечной коррекции гироскопических вертикалей. Информация об угле отклонения от вертикали содержится в изменении переходных сопротивлений диаметрально противоположных контактах в двух плоскостях. Непосредственно без усилителей подключается к управляющим обмоткам коррекционных моторов.

Минусом этого МЧЭ является линейность порядка 30 угловых минут в конечном сигнале, соотношение каналов при отклонении по перекрестной оси и практическое отсутствие демпфирования.

Маятниковый датчик, который известен как – ДЖМ-9Б [2, с. 49], который в качестве МЧЭ используется в системе горизонтальной коррекции гирополукомпаса, а также в системах продольной и поперечной коррекций гировертикалей и. Датчик представляет стеклянную колбу с тремя впаянными в нее платиновыми контактами с токоотводами. Колба наполнена токопроводящей жидкостью с незамерзающим эффектом, а именно литиевый раствор со спиртом, наполненным так, что в ней остается пузырек, который при горизонтальном положении колбы одинаково покрывает два контакта, а третий всегда находится в жидкости. Информация отклонения угла от местной вертикали содержится в изменении переходных сопротивлений диаметрально противоположных контактах относительно общего.

Хотя в ДЖМ-9Б устранена (сведена до минимума) зависимость канала на канал при применении двух датчиков, расположенных перпендикулярно, но недостаток – незначительная линейность выходного сигнала и практическое отсутствие демпфирования, остался так же, как и в ЖМП, при этом следует отметить как ЖМП, так и ДЖМ-9Б рационально подключаются к

коррекционным моторам, которые в гировертикалях и гиropolукомпасах являются двухфазными управляемыми индукционными двигателями.

Известны акселерометры прямого измерения АТ-1101 и АТ-1102, отличающиеся только креплением [3], состоящим из кристаллической пластины-маятника, подвешенного в одноосном упругом кристаллическом подвесе, емкостного датчика угла, ротором являются подвижные пластины и нанесены на маятник, а неподвижные расположены на корпусе и являются статором датчика угла. Пластина маятника одновременно является воздушным демпфером. Для питания датчика угла и преобразования выходного сигнала к стандартному виду (5В на диапазон измерения) имеется встроенный микроэлектронный узел.

К недостаткам АТ-1101 следует отнести сложности построения систем коррекции гироскопических приборов на его основе в силу того, что в них коррекционными моторами являются двухфазные индукционные двигатели, а также слабое демпфирование собственно маятника.

Все три типа МЧЭ не подходят для формирования коррекции в одноосной силовой гировертикали [4; 5], так как для решения указанной задачи МЧЭ должен обеспечивать заданную динамическую точность за счет создания регулируемого демпфирования маятника с заданной расширенной зоной линейности выходного сигнала.

Технический результат достигается тем, что в маятниковом чувствительном элементе [6], содержащем маятник с воздушным демпфером в одноосном подвесе, на котором закреплен ротор датчика угла, а статор жестко установлен на корпусе, новым является то, что демпфер является крыльчатим, жестко закреплен на маятнике и состоит из N плоских пластин с отверстиями, ориентированными своими плоскостями в направлении оси вращения, при этом датчик угла является индуктивным, а центр маг статора датчика угла смещен относительно оси вращения в направлении создания нижней маятниковой, на корпусе устройства установлен сифон, а внутренняя полость корпуса заполнена демпфирующей жидкостью.

В соответствии с рис. 1 МЧЭ выполнен в виде маятникового датчика угла индуктивного типа и состоит из Ш-образного статора (2), жестко закреплённого на корпусе (1), и ротора датчика угла (3), установленного на оси вращения (4), например, в опоре подвеса 13. В данном варианте конструкции ось (4) неподвижна, а наружные кольца шарикоподшипников, на которые помещен ротор (3), могут вращаться. Ротор (3) имеет нижнюю маятниковость ml , так как он специально выполнен несбалансированным. С ротором связан крыльчатый демпфер (5), состоящий из N (5 – 7) пластин (6), в которых имеются отверстия для улучшения демпфирования. Корпус (1) герметичный и заполнен демпфирующей жидкостью (7), как например, смесь спирта с лигроином.

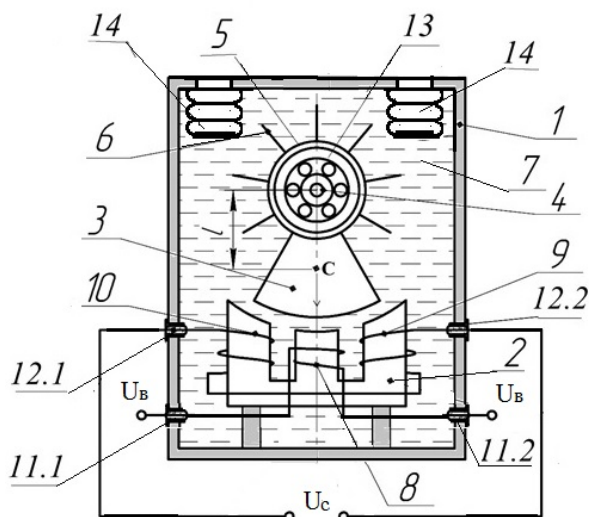


Рис. 1. Эскиз конструкции маятникового чувствительного элемента:

- 1 – корпус; 2 – статор датчика угла;
 3 – ротор датчика угла (выполнен в виде маятника);
 4 – ось подвеса маятника; 5 – крыльчатый демпфер;
 6 – пластина крыльчаток демпфера; 7 – демпфирующая жидкость;
 8 – обмотка питания (возбуждения); 9 – обмотка сигнальная первая;
 10 – обмотка сигнальная вторая; 11.1 и 11.2 – гермовводы обмотки питания; 12.1 и 12.2 – гермовводы обмоток сигнальных; 13 – опора подвеса;
 14 – сильфоны; С – центр масть маятника; l – смещение центра масть маятника относительно оси подвеса; U_B – напряжение питания;
 U_C – напряжение выходное (сигнальных обмоток, включенных дифференциально)

Жидкость (7), с одной стороны, разгружает опоры подвеса, повышая тем самым чувствительность МЧЭ, а, с другой стороны, она обеспечивает демпфирование движения ротора, что уменьшает динамическую погрешность. Регулируемое демпфирование обеспечивается на этапе проектирования и обеспечивается числом и конструкцией пластин крыльчаток демпфера. Конструктивно ротор (3) составлен в виде сектора и состоит из пермаллоевых пластин. Статор (2) имеет, как например, Ш – образную форму, на втором стержне размещена обмотка питания (возбуждения) (8), а на первом и третьем стержнях – соответственно обмотка сигнальная первая (9) и обмотка сигнальная вторая (10). Для подвода питания используются гермовводы обмотки питания 11.1 и 11.2, а для съема сигнала – гермовводы обмоток сигнальных 12.1 и 12.2. Для компенсации изменения объема жидкости применены два сильфон (14). Для ограничения угла отклонения ротора датчика угла (3) в пределах $\pm \alpha_m$ в конструкции должны быть предусмотрены упоры (на рис. 1 не показаны условно).

МЧЭ работает следующим образом. При подаче напряжения U_B переменного тока на обмотку возбуждения (8) создается пульсирующий магнитный поток, который замыкается через левый и правый стержни Ш-

образного статора (2). Если ротор находится в среднем положении, когда $\alpha = 0$, то площади перекрытия ротором 3 боковых стержней статора одинаковы, индуктивности сигнальных обмоток (9) и (10) одинаковы и соответственно в них будут наведены равные по амплитуде, а также отличающиеся на 180° напряжения (ЭДС).

Во время отклонения корпуса (1) от плоскости местного горизонта (местной вертикали) на угол α ротор датчика угла (3) остается на местной вертикали. Например, при отклонении корпуса (1) влево левый стержень Ш-образного статора (2) будет перекрыт ротором больше на величину $\Delta S = br\alpha$, а правый стержень соответственно меньше на такую же величину. Следовательно, индуктивность левого стержня увеличится, а правого уменьшится на одинаковую величину, что приведет увеличению амплитуды ЭДС на второй (левой) сигнальной обмотке (10) и, соответственно, к уменьшению амплитуды ЭДС на первой (правой) сигнальной обмотке (9). Таким образом, напряжения на сигнальных обмотках будут равны

$$U_1 = (U_{m0} - k\alpha)\sin(\omega t + \pi); U_2 = (U_{m0} + k\alpha)\sin(\omega t),$$

где U_{m0} – амплитуда при нулевом отклонении ротора; ω – частота питающего напряжения; k – коэффициент пропорциональности, который будет зависеть от электрических, геометрических и магнитных параметров магнитной цепи и обмоток. При дифференциальной схеме включения сигнальных обмоток выходное напряжение будет равно

$$U_B = U_2 - U_1 = 2k\alpha\sin(\omega t).$$

При отклонении статора вправо фаза выходного сигнала сместится на 180° .

Однако выходной сигнал будет изменяться не только при отклонении корпуса, но и при отклонении собственно маятника, которое будет возникать при действии боковых периодических ускорений и центростремительных при движении путеизмерителя в кривых (на поворотах). Вот именно из-за этих воздействий у МЧЭ необходимо иметь заданное демпфирование и заданную линейность (порядка $\pm 10^\circ$).

Возможны также другие варианты использования ЭДС сигнальных обмоток, например, мостовая схема.

Порог чувствительности маятникового датчика угла будет определяться остаточным моментом трения и небаланса, а зона пропорциональности будет в основном зависеть от геометрических размеров боковых стержней Ш-образного статора и радиуса ротора

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{S}{2br},$$

где S – площадь поверхности боковых стержней; ширина магнитопровода статора; r – радиус ротора; $\alpha_{\text{п}}$ – половина зоны пропорциональности.

Применение и реализация

Предлагаемый МЧЭ можно использовать, например, в горизонтальных одноосных гироскопических стабилизаторах, в которых для компенсации погрешности виража применен маятниковый датчик угла с зоной линейности порядка 10 градусов [4; 5].

Для проверки работоспособности был изготовлен макет МЧЭ на базе датчика угла, который применен в системе стабилизации следящей рамы авиагоризонта АГД-1 [1, р. 98]. Заданная зона линейности будет определяться конструкцией – геометрическими параметрами магнитной системы датчиков угла.

При определенной минимализации датчика угла можно составить МЧЭ, который по размерам будет не больше, чем АТ-1101 (АТ-1102), и по стоимости значительно меньше, который может заменить электролитические МЧЭ в пилотажных авиагоризонтах.

Список литературы:

1. Михайлов, О. И. Авиационные приборы / О. И. Михайлов, И. М. Козлов, Ф. С. Гергель – М.: «Машиностроение», 1977. – 416 с. – Текст: непосредственный.
2. Система курсовертикали типа СКВ-2Н. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию – М.: «Машиностроение», 1975. – 304 с. – Текст: непосредственный.
3. Былинкин, С. Ф. Акселерометры серии АТ, разрабатываемые и выпускаемые ОАО НПП «Темп-Авиа» / С. Ф. Былинкин, Н. А. Комаров, В. В. Лосев. – Текст: электронный. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akselerometry-serii-at-razrabatyvaemye-i-vypuskaemye-oao-anpp-temp-avia/viewer> (дата обращения: 10.09.2021).
4. Арутюнов, С. С. АС № 790923. Одноосный силовой горизонтальный гиросtabilизатор / С. С. Арутюнов, В. М. Хохлов. – 1982. – Текст: непосредственный.
5. Патент № 2676951 Российская Федерация, СПК G01C 7/04 (2006/01). Устройство для определения и регистрации взаимного положения рельсовых нитей в вертикальной плоскости: № 2017144318 заявл. 18.12.2017: опубл. 11.01.2019, бюл. №2 / Кривошеев С. В., Гатауллина Д. Р.; заявитель КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева. – 14 с.: ил 2. – Текст: непосредственный.
6. Патент №209332 Российская Федерация, СПК G01C 1/10 (2022/01). Маятниковый чувствительный элемент: № 2021132535 заявл. 09.11.2021: опубл. 15.03.2022, бюл. №8 / Кривошеев С. В., Шилин Д. А., Штаев М. В.; заявитель КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева. – 9 с.: ил. – Текст: непосредственный.

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ

Курсант Полунин Ярослав Викторович,
Заместитель начальника кафедры Коновальцев Эдуард Валерьевич,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков,
г. Армавир, Российская Федерация

Аннотация. Защита авторских прав на программные продукты является актуальной проблемой. В статье представлен способ защиты программного продукта от несанкционированного копирования с одной персональной электронной вычислительной машины на другую, основанный на уникальности ее серийного номера жесткого магнитного диска.

Ключевые слова: несанкционированное копирование, серийный номер, жесткий магнитный диск, условный доступ, программный продукт.

TO THE QUESTION OF PROTECTION OF THE SOFTWARE PRODUCT FROM UNAUTHORIZED COPYING

Cadet Polunin Yaroslav Viktorovich,
Deputy Head of the Department Konovaltsev Eduard Valerievich,
Krasnodar Higher Military Aviation School for Pilots,
Armavir, Russian Federation

Abstract. Copyright protection for software products is an urgent problem. The article presents a method for protecting a software product from unauthorized copying from one personal electronic computer to another, based on the uniqueness of its hard disk serial number.

Keywords: unauthorized copying, serial number, hard magnetic disk, conditional access, software product.

Самым простым способом защиты программного продукта от несанкционированного копирования с одной персональной электронной вычислительной машины (ПЭВМ) на другую является ограничение доступа к запуску программы средством ввода пароля. Однако любой пароль, независимо от его сложности, можно «взломать».

В статье предлагается способ, который кроме ввода пароля подразумевает «привязку» установленной программы к серийному номеру (СН) жесткого магнитного диска (ЖМД) ПЭВМ. В этом случае простой способ копирования с одной ПЭВМ на другую будет невозможен, так как серийный номер для каждого диска уникален. Предлагаемый подход подразумевает, что в инсталляционном пакете программного продукта рассматриваемый алгоритм защиты

предусмотрен. Программная реализация способа представлена на языке Object Pascal в интегрированной среде разработки Delphi [1; 2; 3; 4].

Рассмотрим структуру файла пароля «Password.par». Очевидно, что для повышения надежности защиты информация в файле должна быть обязательно закодирована по любому алгоритму шифрования, при этом кодирование (при создании файла пароля) и декодирование (при считывании информации из файла при запуске программы) должно выполняться по одному и тому же алгоритму.

Файл состоит из трех строк: пароль, признак, СН ЖМД ПЭВМ. Методы создания пароля в данной статье рассматриваться не будут. Признак определяет условия доступа к запуску программы: полный, установочный, условный. СН ЖМД записывается в файл пароля при инсталляции программы на компьютер.

Морфологическая модель способа защиты программного продукта от несанкционированного копирования представлена на рис. 1.

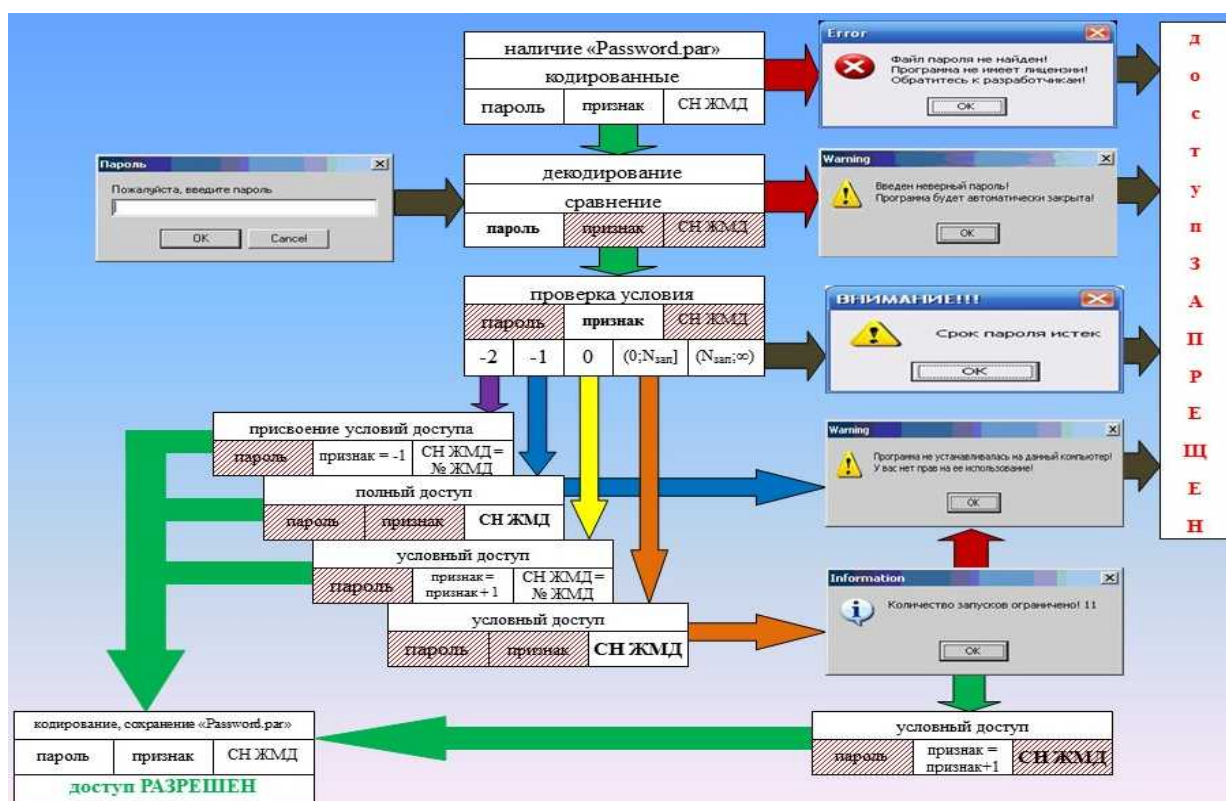


Рис. 1. Морфологическая модель способа защиты программного продукта от несанкционированного копирования

При запуске программы проверяется условие наличия файла пароля «Password.par» в директории программы (рис. 2).

Если файл не найден, то выводится сообщение «Файл пароля не найден! Программа не имеет лицензии! Обратитесь к разработчикам! И программа автоматически закрывается.

При наличии файла «Password.par» из него считываются и декодируются пароль («PassFromFile»), происходит сравнение введенного и заданного паролей.

```

GetDir(0,PassDir); //путь к директории
PassDir:=PassDir+'\Password.par'; //добавили имя файла пароля
AssignFile(f,PassDir); //открыли файл пароля
repeat //проверка наличия файла пароля начало процедуры
  {$I-}
reset(f);
  {$I+}
res := IOResult;
if res <> 0 then
answ := MessageDlg('файл пароля не найден!'+#13+
                  'Программа не имеет лицензии!'+#13+
                  'Обратитесь к разработчикам!', mtError, [mbOk], 0);
until (res = 0) or (answ = mrOk);
if res <> 0 then exit; // завершение процедуры

```

Рис. 2. Фрагмент кода проверки условия наличия файла пароля

Если пароль не соответствует, то выводится сообщение «Введен неверный пароль! Программа будет автоматически закрыта! И программа автоматически закрывается (рис. 3).

```

readln(f,PassFromFile); //считали пароль закодированный
closefile(f); //закрыли файл пароля
//декодируем пароль
for i := 1 to Length(PassFromFile) do PassFromFile[i] := Char(23 xor Ord(c[i]));
if InputQuery('Пароль', 'Пожалуйста, введите пароль', PassWord) then //ввели пароль
if Password = PassFromFile then //сравнили и если совпали
begin
Application.CreateForm(TFormAll, FormAll); //запустили программу
Application.Run;
end else //если без пароля
MessageDlg('Введен неверный пароль!'+#13+
          'Программа будет автоматически закрыта!', mtWarning, [mbOk], 0);

```

Рис. 3. Фрагмент кода проверки совпадения паролей

При совпадении паролей из файла «Password.par» считываются и декодируются признак доступа к программе («PriznPass») и СН ЖМД («SNPass»), на который устанавливалась программа, а также пароль присваивается переменной «PassPass» для дальнейшей работы алгоритма защиты (рис. 4).

```

s2:=s2+'\Password.par'; //добавили имя файла пароля
AssignFile(r,s2); //открыли файл пароля
reset(r);
readln(r,PassPass); //считали пароль закодированный
readln(r,PriznPass); //считали признак закодированный
readln(r,SNPass); //считали серийный номер закодированный
closefile(r); //закрыли файл пароля
{ декодируем}
for i := 1 to Length(PassPass) do PassPass[i] := Char(23 xor Ord(c0[i]));
for i := 1 to Length(PriznPass) do PriznPass[i] := Char(23 xor Ord(c1[i]));
for i := 1 to Length(SNPass) do SNPass[i] := Char(23 xor Ord(c2[i]));

```

Рис. 4. Фрагмент кода считывания признака и СН ЖМД

При совпадении пароля проверяется условие доступа («PriznPass»), которое может содержать следующие значения:

«-1» – полный доступ;

«-2» – установочный признак (первый запуск программы на ПЭВМ);

«0...Nзап» – условный доступ, ограниченный количеством Nзап.

При значении «PriznPass» = «-2», определяется СН ЖМД (рис. 5) и присваивается переменной «SN» (далее присваивается переменной «SNPass»).

```
begin
if GetVolumeInformation(P, Buf, 256, @Number, FileLength, VolFlags, SystemName, 128)
then begin
SN:=IntToStr(Number); //серийный номер диска
end;
end;
```

Рис. 5. Фрагмент кода определения СН ЖМД

В данном случае признаку «PriznPass» присваивается значение «-1», что соответствует установке программы на ПЭВМ и полному доступу пользователя к ней (рис. 6).

```
case PriznPass of
-2:begin //при первом запуске программы
SNPass:=SN;
PriznPass:=-1;
for i := 1 to Ord(PassPass[0]) do c0[i] := 23 xor c0[i]; //закодировали пароль
for i := 1 to Ord(SNPass[0]) do c2[i] := 23 xor c2[i]; //закодировали SN
for i := 1 to Ord(PriznPass[0]) do c1[i] := 23 xor c1[i]; //закодировали признак
AssignFile(r2, 'Password.par'); //открыли файл пароля
rewrite(r2);
Writeln(r2, PassPass); //записали пароль закодированный
Writeln(r2, PriznPass); //записали признак закодированный
Writeln(r2, SNPass); //записали серийный номер закодированный
closefile(r2); //закрыли файл пароля
end;
```

Рис. 6. Фрагмент кода записи признака и СН ЖМД

В дальнейшем при запуске программы при значении «PriznPass» = «-1», считывается СН ЖМД и проверяется, устанавливалась ли программа на данную ПЭВМ. Если да, то запускается основная программа, если нет, то выводится сообщение «Программа не устанавливалась на данный компьютер! У вас нет прав на ее использование!» и программа автоматически закрывается (рис. 7).

```
case PriznPass of
-1:begin // полный доступ к проге
if SNPass<>SN then
begin
MessageDlg('Программа не устанавливалась на данный компьютер!'+#13+
'У вас нет прав на ее использование!', mtWarning, [mbok], 0);
FormAll.Destroy;
end;
```

Рис. 7. Фрагмент кода при значении признака «-1»

При значении «PriznPass» = «0», выводится сообщение «Количество запусков ограничено», определяется СН ЖМД (рис. 5) и присваивается переменной «SNPass», признаку «PriznPass» присваивается значение большее на единицу (рис. 8).

```

case PriznPass of
0:begin
MessageDlg('Количество запусков ограничено!'+
IntToStr(Nzap+1-Prizn), mtInformation, [mbOk], 0);
SNPass:=SN;
PriznPass:=PriznPass+1;
for i := 1 to Ord(PassPass[0]) do c0[i] := 23 xor c0[i]; //закодировали пароль
for i := 1 to Ord(SNPass[0]) do c2[i] := 23 xor c2[i]; //закодировали SN
for i := 1 to Ord(PriznPass[0]) do c1[i] := 23 xor c1[i]; //закодировали признак
AssignFile(r2, 'Password.par'); //открыли файл пароля
rewrite(r2);
Writeln(r2, PassPass); //записали пароль закодированный
Writeln(r2, PriznPass); //записали признак закодированный
Writeln(r2, SNPass); //записали серийный номер закодированный
closefile(r2); //закрыли файл пароля
end;

```

Рис. 8. Фрагмент кода при значении признака «0»

При значении «PriznPass» больше 0, но меньше Nzap, выводится сообщение «Количество запусков ограничено» и проверяется, устанавливалась ли программа на данный компьютер. Если да, то «PriznPass» присваивается значение большее на единицу, переменные «PassPass», «PriznPass», «SNPass» кодируются, перезаписывается файл пароля «Password.par» и запускается основная программа. Если нет, то выводится сообщение «Программа не устанавливалась на данный компьютер! У вас нет прав на ее использование!», программа автоматически закрывается (рис. 9).

```

case PriznPass of
1..Nzap:begin
MessageDlg('Количество запусков ограничено! '+
IntToStr(Nzap+1-Prizn), mtInformation, [mbOk], 0);
if SNPass<>SN then
begin
MessageDlg('Программа не устанавливалась на данный компьютер!'+#13+
'У вас нет прав на ее использование!', mtWarning, [mbOk], 0);
FormAll.Destroy;
end;
PriznPass:=PriznPass+1;
for i := 1 to Ord(PassPass[0]) do c0[i] := 23 xor c0[i]; //закодировали пароль
for i := 1 to Ord(SNPass[0]) do c2[i] := 23 xor c2[i]; //закодировали SN
for i := 1 to Ord(PriznPass[0]) do c1[i] := 23 xor c1[i]; //закодировали признак
AssignFile(r2, 'Password.par'); //открыли файл пароля
rewrite(r2);
Writeln(r2, PassPass); //записали пароль закодированный
Writeln(r2, PriznPass); //записали признак закодированный
Writeln(r2, SNPass); //записали серийный номер закодированный
closefile(r2); //закрыли файл пароля
end

```

Рис. 9. Фрагмент кода при значении признака «1... Nzap»

При значении «PriznPass» больше Nзап, выводится сообщение «Срок пароля истек» и программа автоматически закрывается (рис. 10).

```
begin
Application.MessageBox('Срок пароля истек ',
                        'ВНИМАНИЕ!!!',mb_Ok+mb_Iconwarning);
FormAll.Destroy;
end;
```

Рис. 10. Фрагмент кода при окончании действия условного доступа

Таким образом, представленный в статье способ, основанный на уникальности серийного номера жесткого магнитного диска ПЭВМ, позволит обеспечить защиту программного продукта от несанкционированного копирования.

Список литературы:

1. Архангельский, А. Я. Программирование в Delphi 7 / А. Я. Архангельский – М.: «Бином-Пресс», 2003. – 1152 с. – Текст: непосредственный.
2. Архангельский, А. Я. Delphi 6. Справочное пособие / А. Я. Архангельский – М.: «Бином», 2001. – 1250 с. – Текст: непосредственный.
3. Архангельский, А. Я. Приемы программирования в Delphi / А. Я. Архангельский – Москва: Издательство ООО «Бином», 2003. – 780 с. – Текст : непосредственный.
4. Архангельский, А. Я. Программирование в Delphi 6 / А. Я. Архангельский – М.: «Бином», 2001. – 1120 с. – Текст: непосредственный.

© Полунин Я. В., Коновальцев Э. В., 2022

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

Студент **Краснова Ксения Алексеевна**,
Доктор ф.-м. наук, профессор **Козлов Владимир Константинович**,
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Контроль состояния изоляции в электроэнергетике играет очень важную роль в эксплуатации электрической сети и подстанции. Рассмотрен такой важный параметр изоляции, как тангенс (дельта) диэлектрических потерь. Предложено устройство для контроля параметров изоляции.

Ключевые слова: сопротивление изоляции, трансформаторы тока, тангенс дельта, диэлектрические потери, измерение, диагностика, испытания.

CURRENT TRANSFORMER INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Student **Krasnova Ksenia Alekseevna**,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Kozlov Vladimir Konstantinovich,
Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russian Federation

Abstract. Insulation condition monitoring in the electric power industry plays a very important role in the operation of the electrical network and substation. Such an important insulation parameter as the tangent (delta) of dielectric losses is considered. A device for monitoring insulation parameters is proposed.

Keywords: insulation resistance, current transformers, delta tangent, dielectric losses, measurement, diagnostics, testing.

Развитие электроэнергетики не стоит на месте, и именно поэтому необходимо применять новые методики диагностики контроля состояния изоляции на любом объекте электроэнергетики, а также проводить постоянную диагностику существующей инфраструктуры.

В качестве объекта исследования выступил трансформатор тока (ТТ). Это электрическое устройство, обеспечивающее в определенных рабочих режимах пропорциональную зависимость вторичного тока от первичного при

практическом их совпадении по фазе. Первичная обмотка подключается последовательно в измеряемую цепь – в рассечку токопровода, вторичная замыкается на нагрузку – токовые обмотки измерительных приборов, устройств, реле и т. д. [1].

Трансформаторы тока классифицируются по следующим основным признакам:

- род установки: для работы на открытом воздухе, в закрытых помещениях, для встраивания в электроустановки;

- по назначению: измерительные, защитные, промежуточные, лабораторные;

- принцип конструкции; опорные, проходные, шинные, втулочные, встроенные, разъемные;

- число ступеней трансформации: одноступенчатые, каскадные;

- число вторичных обмоток: с одной или несколькими вторичными обмотками;

- назначение вторичных обмоток: для измерения, для защиты, для измерения и защиты;

- по выполнению изоляции: сухая изоляция, элегазовые, компаундовые, с бумажно-масляной и конденсаторной бумажно-масляной изоляцией;

- по рабочему напряжению: свыше 1000 В и до 1000 В;

- количество коэффициентов трансформации: с одним или несколькими значениями коэффициента [2; 3; 4].

Проверку измерительных трансформаторов необходимо начинать с внешнего осмотра и сверки документации. Состояние главной изоляции диагностируется мегаомметрами напряжением 2500 В. Сопротивление вторичных обмоток «пробивается» напряжением от 500 до 1000 В относительно корпуса и между всеми обмотками трансформатора.

Как правило, о состоянии главной изоляции трансформаторов тока и напряжения с бакелитовой или бумажной изоляцией можно оценить при помощи измерения тангенса угла диэлектрических потерь.

Измерение тангенса дельта производится на трансформаторах с напряжением 35 кВ и выше, при этом оба вывода первичной обмотки должны быть рассчитаны на номинальное напряжение. Важно наблюдать за изменением графика тангенса дельта для того, чтобы отследить микротрещины изоляции и предотвратить дальнейшее разрушение и выход из строя трансформатора. Для каждого из трансформаторов определена продолжительность испытания:

- с фарфоровой изоляцией, жидкой или бумажно-масляной изоляцией – 1 минута;

- основная изоляция состоит из органических твердых материалов или кабельных масс – 5 минут [5; 6].

Раньше было довольно трудно определять тангенс диэлектрических потерь, т. к. это производилось расчётным методом. Но с появлением определённых устройств и алгоритмов выполнения вычислительных операций стало намного проще производить контроль состояния кабельных линий, изоляции трансформатора в «полевых условиях».

На базе портативного устройства для высоковольтных испытаний синусоидальным напряжением сверхнизких частот (СНЧ) Baur FRIDA-TD (рис. 1) можно произвести замеры всех необходимых параметров: измерение коэффициента диэлектрических потерь; испытание MWT (Monitored Withstand Test) с измерением коэффициента диэлектрических потерь; измерение частичных разрядов [7]. При относительно небольших размерах и массе можно производить диагностические работы в любом месте, начиная стерильным помещением, заканчивая полем.



Рис. 1. Baur FRIDA без генератора PD-TaD 62

Учёные Казанского государственного энергетического университета при использовании данного прибора производили замеры тангенса диэлектрических потерь на кабельных линиях 10 кВ. В перспективе планируется производить

испытание сопротивления изоляции на трансформаторах тока полигона «Подстанция 110/10 кВ».

Список литературы:

1. Шайдуллин, А. Ш. Диагностика изоляции токоведущих частей электрооборудования методом тангенса угла диэлектрических потерь. Интеллектуальные энергосистемы: труды IV Международного молодежного форума: в 3 томах, Томск, 10–14 октября 2016 года / А. Ш. Шайдуллин, В. В. Максимов. – Текст: непосредственный // Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ). – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 78-79.

2. Мифтахова, Н. К., Ившин, И. В., Гаврилов, В. А., Гимадиев, Р. А. Методика оценки результатов диагностики кабельных линий среднего напряжения с применением вероятностной модели надежности / Н. К. Мифтахова, И. В. Ившин, В. А. Гаврилов, Р. А. Гимадиев. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 5-6. – С. 114-118.

3. Измерение сопротивления изоляции трансформатора тока: [сайт]. – URL: <https://www.etlpro.ru/metodiki-ispitanii/metodika-isyitaniy-transformatorov-toka.html> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст: электронный.

4. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд. с изменениями и дополнениями – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – Текст: непосредственный.

5. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования – М.: ОРГРЭС, 1997. – Текст: непосредственный.

6. Наладка и испытания электрооборудования станций и подстанций / под ред. Мусаэляна Э. С. – М.: Энергия, 1979. – Текст: непосредственный.

7. Технический паспорт прибора BAUR FRIDA: [сайт]. – URL: <https://www.baur.eu/ru/frida-td?m=7659> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.

© Краснова К. А., Козлов В. К., 2022

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Студент **Морозова Ралина Валерьевна**,
Студент **Рыбакова Анастасия Владимировна**,
Канд. экон. наук, доцент **Лисицких Римма Фаритовна**,
Альметьевский государственный нефтяной институт,
г. Альметьевск, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе рассматриваются основные проблемы построения эффективной системы управления, сама система управления, ее элементы и значение. В результате рассмотрения проблем предлагаются известные пути повышения эффективности управления.

Ключевые слова: система управления организацией, эффективность управления, проблемы, решения, организация.

MAIN PROBLEMS OF CONSTRUCTION FOR AN EFFECTIVE ORGANIZATION MANAGEMENT SYSTEM

Student **Morozova Ralina Valeryevna**,
Student **Rybakova Anastasia Vladimirovna**,
PhD in Economics, Associate Professor
Lisitskikh Rimma Faritovna,
Almetyevsk State Oil Institute,
Almetyevsk, Russian Federation

Abstract. This paper discusses the main problems of building an effective management system and the management system itself. As a result, of the consideration of the problems, an optimal solution is proposed.

Keywords: organization management system, management efficiency, organization.

Перед рассуждением о системных подходах для построения системы управления организации необходимо разобраться с понятием системы управления организации и ее значением.

Организация – это определенное искусственное образование, в котором участвует более одного человека, в задачу, которой входит разными способами организовывать совместную работу с целью достижения поставленной цели в будущем. Под организацией также можно понимать какую-либо компанию, предприятие, учреждение и т. д.

Система управления организацией представляет собой систему, при помощи которой организация способна управлять объектами внешней и внутренней среды (клиенты, ресурсы, персонал, технологии) для того, чтобы достигнуть своих целей в долгосрочной перспективе [1].

Элементами данной системы выступают:

- 1) цели;
- 2) бизнес-процессы, благодаря которым осуществляется технология управления;
- 3) персонал, выполняющий бизнес-процессы;
- 4) информационные системы.

Система управления необходима по нескольким важным причинам:

1) для повышения шанса на успех, т.е. достижение стратегических целей при максимально минимальных затратах и сроками. Если брать во внимание, что разработка и дальнейшее развитие эффективной системы управления может сократить сроки и затраты на достижение целей, то шансы на успех становятся выше. Чтобы стать успешной, организация должна обладать такой системой управления целями, бизнес-процессами, ресурсами, которая может позволить ей, реагируя на запросы рынка, быстро производить товары и оказывать услуги высокого качества и по умеренным ценам;

2) для повышения инвестиционной привлекательности организации и ее проектов. Благодаря инвестициям ускоряется процесс развития организации, сокращается время достижения стратегических целей, организация становится конкурентной. Эффективная система управления значительно повышает шансы на привлечение инвестиций на достаточно выгодных условиях;

3) для повышения ликвидности и капитализации организации. Эффективная система управления организации очень сильно повышает ликвидность и капитализацию этой организации и способствует быстрой и выгодной продаже.

Жизненный цикл системы управления организации можно представить следующим образом:

- Анализ и определение требований к системе;
- Проектирование;
- Построение;
- Внедрение;
- Поддержание и развитие [2].

Аргументов в пользу построения системы управления организацией предостаточно. Однако, в основном организации сталкиваются с рядом проблем, основные из которых следующие:

1. Нематериальность системы управления организации усложняет оценку и выполнение проекта. В результате проекта мы получаем не здание или сооружение, не производственную линию или автомобиль, а совокупность

элементов, выраженных документами, ИТ-системами, обученным персоналом. Эта система элементов определяет, как должна работать организация, чтобы быть успешной и достичь своих целей в разумной перспективе;

2. Текущее состояние организации. Идея построения системы управления организации может возникнуть у руководства в разные периоды жизненного цикла организации, т. е. когда организация только формируется, и на зрелой стадии, когда организация существует уже достаточно. Соответственно, система управления необходима в первом случае для того, чтобы руководство эффективно справлялось и управляло процессом развития, а во втором – руководство может рассчитывать на выход из состояния стагнации.

3. Быстроменяющиеся требования в процессе разработки системы управления. В ходе проекта заинтересованные лица проекта начинают понимать, на каких целях организации нужно концентрироваться, какие процессы можно оптимизировать и выстроить более эффективно, какие изменения нужно внести в организационную структуру, какие элементы информационных систем нужны организации и т. д.

4. Зрелость менеджмента организации, а именно, способность высшего руководства организации обладать единым взглядом на все элементы системы управления организации и проводить согласованную политику в управлении, опираясь на факты [2].

В силу этих проблем объем работ, сложность, сроки, качество и риски, ещё сложнее определить ценность продукта, который будет получен на выходе. В результате на практике очень часто разработка системы управления организацией носит неорганизованный, бессистемный или симптоматический характер, например, в рамках проектов внедрения информационных технологий или внедрения каких-нибудь новомодных управленческих «заманух», а документация системы управления организацией большей частью неактуальна и не соответствует реальному положению дел в организации.

Одним из оптимальных решений является использование процессного подхода к организации работы, а именно административная система «бюрократическое ведение дел представляет собой способ руководства, при котором необходимо подчиняться детальным правилам и нормам, установленным властью вышестоящего органа» [1, с. 292]. Однако правила и нормы, устанавливаемые руководством, определяются не желанием руководства получить как можно больше, а рыночным соотношением уровнем трудовых усилий и уровнем оплаты труда. Если работник при текущем уровне оплаты будет давать трудовых усилий меньше среднерыночных – он будет уволен. Если руководство при текущем уровне оплаты будет требовать трудовых усилий больше среднерыночных – оно останется без работников. Соответственно, чем выше уровень оплаты труда, тем выше и уровень труда, который может требовать руководство и который необходимо поддерживать работникам.

Также решением является использование итерационного или циклического подходов в построении системы управления и ориентация на стандарты РМВОК (руководство к своду знаниями по управления проектами) и ВАВОК. В этом контексте следует обратить внимание на существенные изменения в четвёртой версии стандарта по управлению проектами РМВОК, где акцент сделан на то, что реализация подобных проектов должна носить итерационный характер. Другими словами, стандарт РМВОК признаёт тот факт, что гибкие методологии реализации проектов имеют преимущества по сравнению с жёсткими методологиями, построенными по принципу «водопада», где, выполнив все работы одной фазы проекта, приступают к следующей. Однако стандарт РМВОК определяет только общие вопросы реализации проектов, и не даёт детальных методических рекомендаций по технологии выполнения подобных проектов [3; 4].

Таким образом, система управления организацией – нематериальный продукт, поэтому её сложно оценить и сформулировать требования к ней. Требования будут постоянно меняться по мере построения и развития системы. Поэтому проекты создания подобных систем должны носить итерационный характер. Ключевые факторы успешности проекта: проектирование системы управления организацией с использованием специализированного программного обеспечения, правильная организация процесса и распределение ролей проекта. Повышение эффективности управления предприятием – это не повышение уровня заданий и распоряжений подчиненным, а повышение уровня оплаты труда, условий труда, морального климата, – всего, что повышает жизненный капитал человека и расширяет «зону приемлемости» персонала.

Список литературы:

1. Мизес, Л. Человеческая деятельность. Трактат по экономической теории / Л. Мизес – Челябинск: Социум, 2019. – Текст: непосредственный.
2. Проектируем систему управления организации: методология, инструменты, команда: [сайт]. – URL: https://www.businessstudio.ru/articles/article/proektiruem_sistemu_upravleniya_organizatsii_metod/ (дата обращения: 12.05.2022). – Текст: электронный.
3. О системе управления организации: [сайт]. – URL: <https://spark.ru/user/120756/blog/59979/o-sisteme-upravleniya-organizatsii> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.
4. Проектируем систему управления организации: методология, инструменты, команда: [сайт]. – URL: https://www.businessstudio.ru/articles/article/proektiruem_sistemu_upravleniya_organizatsii_metod/ (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

© Морозова Р. В., Рыбакова А. В., Лисицких Р. Ф., 2022

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ И СТРАТЕГИЯ ЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Студент **Игошин Ярослав Евгеньевич**,
Студент **Сафиуллин Ильдар Рафикович**,
Доктор техн. наук, профессор **Шарафеев Ильгизар Шайхеевич**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматриваются основные проблемы цифровизации как средства автоматизации. Приводятся примеры наиболее известных крупных неудачных попыток цифровизации процессов. В результате анализа определяется основная стратегия организации структуры цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, автоматизация, процессы, задачи, сложность, важность.

PROBLEMS OF DIGITALIZATION AND ITS ORGANIZATION STRATEGY

Student **Igoshin Yaroslav Evgenievich**,
Student **Safiullin Ildar Rafikovich**,
Doctor of Technical Sciences, Professor **Sharafeev Ilgizar Shaikheevich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. This paper considers with the main problems of digitalization as a way of automation. Examples of the most famous major unsuccessful attempts at digitalization of processes are given. As a result of the analysis, the main strategy for organizing the digitalization structure is determined.

Keywords: digitalization, automation, processes, tasks, complexity, importance.

В ходе автоматизации различных процессов человеческой деятельности, с целью повышения эффективности, качества выполнения и универсальности критериев исполнителя задач, появляются проблемы. По большей части они связаны с тем, что человечество не понимает, как нужно автоматизировать процессы какой-либо деятельности, из-за этого появилось популярное заблуждение, что автоматизировать можно абсолютно все. Возникают сомнения об экономической целесообразности цифровизации. Такие проблемы цифровой

трансформации нуждаются в разработке определенной стратегии организации, прежде чем заниматься осуществлением.

Проблемы цифровизации. При анализе большинства примеров (в том числе неудачных) автоматизации каких-либо процессов извлекается опыт, который должен быть учтен при дальнейшем улучшении системы целиком и построении других, новых систем. Есть несколько наиболее распространенных проблем:

- техническое несовершенство радиоэлектронного оборудования системы и средств связи (имеется в виду как качество отдельных модулей, так и качество сборки всего блока и средств связи, и коммуникации) [1, с. 21];
- низкая квалификация персонала, взаимодействующего с системой (как правило, это программисты, которые пишут код программы автоматизации и менеджеры на своих местах, которые работают на этих программах) [2];
- неверная организация структуры системы автоматизации [3, с. 149], отсутствие планирования автоматизации [3, с. 274], которые привели или могут привести к обратимым или необратимым последствиям (отсутствие обратной связи, способов оперативного устранения проблем и четкой структуры, на которой построена система, отсутствие постоянной команды устранения проблем в составе организации и т. д.);
- неуместная автоматизация и автоматизация таких процессов, где она не требуется принципиально (значит, создана искусственно без обоснованной причины) [4];
- экономически нецелесообразное решение цифровизации процесса (которое может повлечь за собой большие затраты, возникновение простоев и т. д.) [5, с. 24].

Из этого следует, что общество разработчиков и пользователей систем автоматизации не совсем понимают, где и когда уместно использовать системы автоматизации и как нужно их строить.

Необходимость цифровизации. Цифровизация в последнее время стала практически синонимом автоматизации, но с одним главным отличием. Автоматизация обладает более широким охватом задач, таким образом, цифровизация – это средство автоматизации.

Под цифровизацией (цифровой трансформацией) понимается создание системы автоматизации путем внедрения компьютерных технологий к выполнению различных процессов человеческой деятельности [6, с. 1265]. Степень необходимости вовлечения цифровизации в определенную сферу деятельности человека, тем самым заменяя его функции этой системой, определяется следующими параметрами:

- сложность выполняемых задач полного цикла;
- повторяемость выполняемых задач полного цикла;
- важность выполняемых задач;
- сложность автоматизации процесса;

- возможности автоматизации процесса;
- эффективность автоматизации процесса.

Каждый из этих параметров определяется достаточно сложными понятиями, из-за чего очень трудно создать какую-нибудь универсальную математическую модель, по которой можно было судить о степени необходимости вовлечения цифровизации. Отсутствие какого-либо шаблонного простого решения проблемы приводит к необходимости внедрения алгоритма проектирования цифровизации, который должен стать отдельным этапом перед проектированием системы и ее эксплуатацией.

Сложность задач и автоматизации. Сама по себе тема сложности задач берет свое начало из теории автоматов, языков и вычислений [1, с. 17]. Идею А. Тьюринга о вычисляемости и невычисляемости задач развил С. Кук. Он смог разделить задачи на те, которые могут быть эффективно решены ЭВМ и те, которые не имеет смысла решать с ее помощью из-за низкой эффективности. Эта классификация задач получила название «Классы сложности P и NP».

Класс P – задачи, решаемые за полиномиальное время (например, арифметические действия с целыми числами, умножение матриц, выяснение связности графов и другие). Класс NP – задачи, верифицируемые за полиномиальное время на недетерминированной машине Тьюринга (например, задача о выполнимости булевых формул, задача о клике и другие). Существуют и более сложные классы задач, которые нельзя даже проверить за полиномиальное время.

Эти понятия нужны для того чтобы уяснить принципиальные возможности ПО (программного обеспечения) для решения тех или иных задач. В одних случаях использование ПО позволяет эффективно решить нужную задачу, в других случаях проще обойтись без его использования. Все это связано с тем, что любая ЭВМ и любое ПО обладает конечными возможностями по вычислительной мощности и быстродействию, а также определенным техническим несовершенством. Определение задачи цифровизации по классу сложности должно стать первым определяющим фактором необходимости создания системы.

Если в ходе анализа рассматриваемая задача может быть решена с помощью ЭВМ, значит, имеет место цифровизация этой задачи.

Повторяемость и важность задач. Говоря о повторяемости задач, нельзя не затронуть ситуации, когда задачи попадаются уникальные [7, с. 130]. Для таких задач уже не подходит формат шаблонного простого решения как для повторяющихся (типовых) задач. На практике же требуются гибкие системы, способные подстраиваться (интегрироваться) под новые условия или эти возможные условия должны быть предусмотрены заранее. Требуется произвести оценку целесообразности затрат времени и средств на разработку системы решения задачи.

Различают понятия кратности решения задачи и кратности использования результатов решения. Суть этих понятий сводится к тому, что система может иметь сложный неоднородный характер, что также усложняет ее структуру, но в то же время определяет границы циклов ее работы.

Классификация задач по важности и срочности является одной из основных частей тайм-менеджмента. Для оценки приоритета применяют матрицу Эйзенхауэра [4]. Ее удобно использовать для определения, насколько важно или срочно нужно осуществить цифровизацию конкретной задачи. Зачастую основная проблема заключается в трудности отличить несрочные важные задачи от неважных срочных задач.

Соответственно, на этом этапе должна рассматриваться целесообразность и приоритетность рассматриваемой задачи.

Эффективность цифровизации. Единственный параметр, который может быть измерен и может быть оценен математически, это эффективность цифровизации. Она имеет прямую связь с экономической целесообразностью и затрачиваемым временем, за счет чего легко вывести его первое условие. В случае, если суммарно период цифровой трансформации и дальнейшего обеспечения (поддержки) системы выходит экономически дороже, чем до трансформации, тогда такой переход неэффективен. Если же такой переход позволяет многократно сэкономить бюджет (в долгосрочной перспективе), тогда переход эффективен.

Вторым важнейшим условием является затрачиваемое время, таким образом, чем меньше времени затрачено на цифровой переход, тем ниже риски навредить прежнему процессу [5, с. 37].

Примеры:

1. Идея создания ИИ (искусственного интеллекта) многократно критиковалась, в большей части за необоснованные затраты на разработку объективно провальных проектов [8]. Дело в том, что гипотеза о возможности создания ИИ опирается на представления инженеров о работе человеческого мозга как о движении электрических зарядов в отрыве от реальных биологических процессов. В результате работы над ИИ мы имеем обыкновенный набор алгоритмов с четко прописанными правилами.

2. Период самоизоляции во время пандемии коронавируса продемонстрировал всевозможные недостатки дистанционного обучения. Все они складываются из того, что раньше до пандемии не было необходимости в организации дистанционного обучения, преподавательский коллектив не обладал компьютерной грамотностью, не учитывались индивидуальные особенности условий обучения дома учащихся и другие. Это пример того, что внедрение онлайн обучения должно было осуществляться, постепенно объединяясь с традиционным полноценным очным обучением, еще задолго до пандемии [9].

3. Среди отечественного ПО есть программа, которую активно используют многие предприятия, она также не лишена недостатков. Речь идет о программе «1С Предприятие». Это достаточно мощный инструмент, позволяющий автоматизировать подготовку документации ведения учета с синхронизацией с электронной базой сервера. Она, безусловно, является самым многофункциональным инструментом, однако пользователи очень часто жалуются на технические сбои в работе программы, достаточно зайти на их сайт и почитать отзывы [2]. Использование аналогов является ничем иным кроме как попыткой пойти на компромисс в вопросах функциональности и удобства использования программы.

4. В то же время руководители пока лишь некоторых компаний понимают, что цифровизация – это большой риск, поэтому проекты цифровизации без четкого обоснования, состоящего из фактов и расчетов, не принимают всерьез. Их опасения по поводу рисков вполне объективны, поэтому ни у кого не возникает вопросов по поводу высокой требовательности к планам стратегии цифрового перехода. Здесь же играет роль еще один момент, ведь цифровизация, помимо прочего, это не только процесс перехода к совершенно новому виду выполнения процессов, но и исключение человека из работы над этим процессом. Разумеется, подобные решения могут быть негативно восприняты работниками, которых планируется заменить компьютерами [5, с. 24].

Подводя итоги, важно отметить, что цифровизация – это очень ответственный процесс, который подлежит анализу целесообразности и необходимости цифровизации какого-либо процесса, степени необходимости вовлечения цифровизации и четкое планирование. Нельзя заниматься цифровизацией в отрыве от реального опыта и примеров (в том числе неудачных), поэтому прежде всего нужно учитывать повторяемость, важность, сложность задач и эффективность, прежде чем заниматься непосредственно проектированием системы. Для этого должна быть разработана стратегия цифровизации и ее организации.

Список литературы:

1. Хопкрофт, Д. Э. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд.: Пер. с англ. / Д. Э. Хопкрофт, Р. Мотвани, Д. Ульман – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – С. 21. – Текст: непосредственный.

2. Программа 1С Предприятие. Отзовик: [сайт]. – URL: https://otzovik.com/reviews/programma_1c_predpriyatie/ (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

3. Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика. – ПАРУСА-2014: сборник трудов III Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Геленджик, 20-21

ноября 2014 г. – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2014 – Т. 2. – С. 149. – Текст: непосредственный.

4. Шацкова, Н. Матрица Эйзенхауэра: как разобраться с делами раз и навсегда / Н. Шацкова. – Текст: электронный – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/60a519599a7947430a73ffb6b> (дата обращения: 05.04.2022).

5. Оганесян, Т. К. Цифровая экономика: глобальные тренды и практика российского бизнеса / Т. К. Оганесян, Е. М. Стырин, Г. И. Абдрахманова. – М.: НИУ ВШЭ, 2018. – 121 с. – Текст: непосредственный.

6. Новые слова и значения: словарь-справочник по материалам прессы и литературы 90-х годов XX века: 3 том / [Т. Н. Буцева, Е. Н. Геккина, Ю. Ф. Денисенко, О. М. Карева, А. Ю. Кожевников, Н. А. Козулина, Е. А. Левашов, С. Д. Левина, Ю. С. Ридецкая, Е. П. Снегова, Н. Г. Стулова, Е. Н. Шагалова]; под ред. Т. Н. Буцевой (отв. ред.) и Е. А. Левашова; Ин-т лингвистических исследований РАН. – Т. 3: Паркомат – Я. – СПб: Дмитрий Буланин, 2014. – 1265 с. – Текст: непосредственный.

7. Филинов-Чернышев, Н. Б. Разработка и принятие управленческих решений: учебник и практикум для вузов / Н. Б. Филинов-Чернышев – Москва, 2017. – С. 130. – Текст: непосредственный.

8. 10 Преимуществ и недостатков искусственного интеллекта АСУ-АНАЛИТИКА: [сайт]. – URL: <https://asu-analitika.ru/10-preimushhestv-i-nedostatkov-iskusstvennogo-intellekta/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

9. Плюсы и минусы дистанционного образования, Уральский государственный юридический университет имени В. Ф. Яковлева: [сайт]. – URL: <https://www.usla.ru/news/pros-cons-distance-learning/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

© Игошин Я. Е., Сафиуллин И. Р., Шарафеев И. Ш., 2022

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Преподаватель **Привалова Оксана Алексеевна**,
Старший преподаватель **Томашинова Айгерим Еркеновна**,
Карагандинский университет Казпотребсоюза,
г. Караганда, Казахстан

Аннотация. В рыночной экономике любое предприятие, любой хозяйствующий объект неизбежно сталкивается с неординарными ситуациями, незапланированными или непредвиденными событиями, что обуславливает появление неуверенности в получении ожидаемого конечного результата. Такая неуверенность определяется воздействием рисков, возникновение которых трудно спрогнозировать, а избежать, как правило, невозможно.

Ключевые слова: поставка, цепь поставок, риск, производитель, поставщик, грузоперевозчик.

RISK MANAGEMENT IN SUPPLY CHAINS

Lecturer **Privalova Oksana Alekseevna**,
Senior Lecturer **Tomashinova Aigerim Yerkenovna**,
Karaganda University of Kazpotrebsoyuz,
Karaganda, Kazakhstan

Abstract. In a market economy, any enterprise, any business entity inevitably faces extraordinary situations, unplanned or unforeseen events and, which causes the appearance of uncertainty in obtaining the expected final result. Such uncertainty is determined by the impact of risks, the occurrence of which is difficult to predict, and it is usually impossible to avoid.

Keywords: supply, supply chain, risk, manufacturer, supplier, cargo carrier.

Хочется начать с того, что цепь поставок имеет фундаментальное значение для устойчивого роста и процветания страны. Риски в цепях поставок неизбежны. Риск поставок – это часть ведения бизнеса. Риск начинается от поиска сырья до распределения готовой продукции и услуг, поэтому нужно уметь предсказывать событие риска задолго до того, как оно произойдет. Совместно с поставщиками разрабатывать план для обеспечения непрерывности бизнеса.

Существуют как внутренние, так и внешние риски, которые могут нарушить цепь поставок. Риски внешней цепочки поставок труднее предсказать, и для их преодоления обычно требуется больше ресурсов. Некоторые из основных рисков внешней цепочки поставок включают: риски спроса, риски поставок,

экологические риски, бизнес-риски. А риски внутренней цепочки поставок более управляемы, чем внешние. К внутренним рискам относятся: производственные риски, бизнес-риски, риски планирования и контроля, непредвиденные риски.

В цифровом мире снижение рисков в цепочке поставок может быть затруднено из-за потенциальных кибервмешательств. Можно использовать модель управления рисками PPRR. «PPRR» означает: профилактика, готовность, реагирование, восстановление. Профилактика: нужно принимать меры предосторожности для снижения рисков в цепочке поставок. Готовность: разработать и реализовать план действий в чрезвычайных ситуациях. Реагирование: выполнять план действий в чрезвычайных ситуациях, чтобы уменьшить влияние разрушительного события. Восстановление: возобновлять операции и как можно быстрее восстановить нормальную производительность [1, с.130].

Чтобы усилить защиту кибербезопасности, нужно реализовать следующие стратегии управления рисками цепочки поставок: устанавливать стандарты соответствия для всех сторонних поставщиков, включая производителей, поставщиков и дистрибьюторов; определять роли пользователей и внедрить элементы управления безопасностью, чтобы ограничить круг лиц, имеющих доступ к системе, и какой уровень допуска они предоставили; перед подписанием любых контрактов проводить тщательную оценку рисков поставщика; внедрять стандарты управления данными, которые определяют, кому принадлежат определенные данные и что они должны делать с этими данными; помогать в обучении всех сотрудников; а также внедрять программное решение, которое обеспечит полную видимость цепочки поставок, чтобы быстро идентифицировать деятельность [2, с. 63].

Необходимость в надежном плане действий на случай непредвиденных обстоятельств стала особенно актуальной в свете кризиса COVID-19, который вызвал нарушение цепочки поставок в глобальном масштабе. Многие розничные торговцы были вынуждены пересмотреть свои отношения с поставщиками, поскольку многие из их поставщиков и производителей находились в Китае. В результате некоторые розничные торговцы решили перейти от модели с одним поставщиком к модели с несколькими поставщиками, если их основной поставщик станет недоступен [3, с. 37]. Нужно иметь представление о финансовой стабильности поставщиков. Отслеживать показатели грузоперевозчиков: время доставки, количество остановок и среднее время остановки, среднее время погрузки. Некоторые крупные агентства предлагают прогнозные отчеты о финансовой стабильности тысяч потенциальных поставщиков. Это может наладить более безопасные деловые отношения и снизить уязвимость перед рисками поставок. Тренинги по осведомленности о внутренних рисках для всего персонала помогут в снижении рисков. Фактически, формирование культуры осведомленности о рисках требует поддержки на всех уровнях вашего бизнеса.

Постоянный мониторинг факторов риска цепочки поставок действительно является ключом к защите розничных операций. Многие организации предполагают, что они в безопасности после внедрения системы снижения рисков в цепочке поставок, но на этом работа не заканчивается. На каждом уровне цепочки поставок следует внимательно следить за индикаторами потенциальных рисков [4, с. 31].

В заключение хотелось бы отметить, что нужно реализовывать план на случай непредвиденных обстоятельств логистики. Несколько советов при создании плана действий в чрезвычайных ситуациях для снижения рисков цепочки поставок: составить схему своей цепочки поставок, чтобы получить четкое представление о том, какие организации наиболее уязвимы для рисков; провести полную оценку поставщиков на основе таких факторов, как политический риск, географический риск и экономический риск; диверсифицировать сеть поставщиков, чтобы не зависеть от одного поставщика; проверять поставщиков логистических услуг на основе их планов действий в случае бедствий; создать команду кризисного реагирования, которая будет принимать важные решения в случае возникновения чрезвычайной ситуации; разработать надежные каналы связи, чтобы сотрудники знали, каковы их обязанности в случае нарушения цепочки поставок; тщательно документировать все процессы; всегда быть в курсе текущих событий и соответствующим образом адаптировать свой план действий в чрезвычайных ситуациях; создавать план В, план С, план D и так далее.

Список литературы:

1. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики : Учебник / Б. А. Аникин, Т. А. Родкина, В. А. Волочиенко [и др.] ; Под редакцией Б. А. Аникина, Т. А. Родкиной. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Проспект", 2018. – 344 с.
2. Проценко, О. Д. Логистика и управление цепями поставок - взгляд в будущее : макроэкономический аспект / О. Д. Проценко, И. О. Проценко. Российская акад. нар. хоз-ва и гос. службы при Президенте Российской Федерации. – Москва : Дело, 2012. – 191 с.
3. Бочкарев, А. А. Планирование и моделирование цепи поставок : учебно-практическое пособие / А. А. Бочкарев. – Москва : Альфа-Пресс, 2008. – 191 с.
4. Безрукова, Т. Л. Формирование концепции стратегического контроллинга на промышленных предприятиях / Т. Л. Безрукова, П. А. Петров. – Текст: непосредственный // Управленческий учет. – 2013. – № 2. – С. 31-40.

© Привалова О. А., Томашинова А. Е., 2022

УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Магистрант **Лобанова Марина Сергеевна**,
Старший преподаватель **Лобанова Лариса Ивановна**,
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина,
г. Рязань, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматриваются опасные факторы гальванического производства, на основе этого проводится исследование способов утилизации осадков сточных вод гальванических производств, возможность их применения при производстве строительных материалов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, гальванический шлам, осадки сточных вод, электрохимическое производство, гальванические стоки.

SLUDGE DISPOSAL FROM ELECTROPLATING INDUSTRIES

Master Student **Lobanova Marina Sergeevna**,
Senior Lecturer **Lobanova Larisa Ivanovna**,
Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkin,
Ryazan, Russian Federation

Abstract. The paper considers the hazards of electroplating production, on the basis of this, the study is conducted on the methods of sewage sludge disposal from electroplating industries, the possibility of their use in the production of building materials.

Keywords: environmental safety, galvanic sludge, sewage sludge, electrochemical production, galvanic effluents.

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды. На каждом гальваническом производстве образуются опасные отходы, которые могут находиться в различных агрегатных состояниях, в качестве выбросов токсичных паров и аэрозолей, а также в виде сбросов, содержащих вредные для окружающей среды и человека вещества.

Особенно опасными факторами электрохимического производства, воздействующими на здоровье людей и природную среду, являются:

1. Пары нагретых растворов электролитов – это кислоты, щёлочи, и соль (хлорид аммония).
2. Утечка и разбрызгивание электролита с концентрацией вещества до 350 г/л.
3. Смыв с мест временного хранения отходов, который содержит в себе соли тяжёлых металлов и концентрированные электролиты [1].

Исходя из технологических процессов разных гальванических производств (линия цинкования, никелирования, хромирования, анодирования и др.), основными наиболее опасными компонентами гальванических отходов являются хром, ртуть, цинк, никель, олово, висмут, свинец, кадмий, железо, медь и др. Их концентрация в отходах гальванических производств достигает: цинк – до 5740 мг/кг, никель – до 200 мг/кг, хром – до 5000 мг/кг, свинец – до 600 мг/кг, медь – до 5600 мг/кг, кобальт – до 30 мг/кг, кадмий – до 54 мг/кг, сурьма – до 200 мг/кг. Эти компоненты в основном находятся в соединениях в связанном состоянии [2].

С целью предупреждения вероятного поступления отходов гальванических производств на территорию предприятий необходимо регулярно соблюдать санитарно-гигиенические требования по их хранению, перевозке, обработке, а также утилизации.

Самыми токсичными техногенными материалами гальванического производства являются осадки, возникающие в процессах очистки сточных вод.

Цель работы – рассмотреть возможные направления утилизации осадков сточных вод и дальнейшую возможность применения их в производстве.

В настоящее время существует проблема захоронения и утилизации образующихся осадков, поскольку в последние годы увеличиваются их объемы и усиливается спрос по экологической безопасности и охране окружающей среды и захоронение осадков становится более проблематичным. Вследствие этого разрабатываются новые технологии по их утилизации.

Исследование технологий и методов утилизации осадков сточных вод гальванического производства является одной из самых перспективных и актуальных задач. Ежегодно в окружающую среду попадает до 1 км³ токсичных гальванических стоков, которые содержат около 50 тыс. т. тяжелых металлов, 100 тыс. т. щелочей и кислот. В водные бассейны попадает 25-30% этих стоков. Средний объем стоков, образующихся на одном электрохимическом производстве, составляет 600-800 м³/сут., причем основная масса используемых реагентов поступает при промывке деталей со сточными водами в канализацию.

На гальваническом производстве образуется три типа сточных вод, их условно можно разделить на следующие три группы:

1. Хромосодержащие сточные воды. Такие воды образуются при промывке деталей после хромирования и пассивирования деталей в электролитах, содержащих бихроматы калия или натрия.

2. Цианистые сточные воды. Они образуются при промывке деталей после нанесения покрытий из электролитов, содержащих цианиды калия или натрия.

3. Кислотно-щелочные сточные воды. Они образуются при промывке деталей после травления, обезжиривания, нанесения покрытий в кислых и щелочных растворах электролитов. Данные стоки содержат ионы тяжелых металлов – медь, цинк, никель, железо [3].

Из всех существующих в настоящее время методов очистки гальванических стоков к образованию гальванических шламов приводят только методы:

реагентный, электрокоагуляционный, гальванокоагуляционный, электрофлотационный и метод прямого электролиза.

На большинстве предприятий основным методом очистки сточных вод является реагентный метод. В его основе лежат химические реакции, которые переводят вредные загрязнители в воде из раствора в осадок (гидроксиды или основные карбонаты) при помощи негашёной извести, кальцинированной соды, мела, доломита и т.п., с последующим извлечением его из стока. Осадки сточных вод после реагентного метода очистки обычно содержат 95% воды, поэтому их предварительно обрабатывают: уплотняют, обезвоживают, сушат и отправляют на утилизацию.

В настоящее время возможны следующие направления утилизации осадков сточных вод:

1. Захоронение или долговременное складирование, что в основном применяется на всех предприятиях.

2. Применение в качестве сырья для производства строительных материалов. Такие способы представляют собой использование осадков в качестве активных минеральных и пластифицирующих добавок к цементам и бетонам, при производстве керамзитового гравия и кирпичей; в качестве активирующей добавки для минерального наполнителя при производстве асфальтовых покрытий; в производстве стеклокерамических композиционных материалов, гипса, облицовочных и декоративных материалов.

3. Способы утилизации в разных отраслях промышленности, связанные с регенерацией ценных компонентов из осадков сточных вод.

Технология картового захоронения предполагает складирование отходов сроком на 70-90 лет. Основное требование при создании такого захоронения – ограничение по коэффициенту фильтрации грунта или гидроизоляции. Он должен быть 10⁻⁷ см/с при толщине слоя гидроизоляции не менее 100 см для исключения загрязнения природной среды. Следует отметить, что картовое захоронение – это вынужденная мера. Захоронение отходов таким образом является невыгодным в экономическом отношении, так как занимают пахотные и другие территории, а также очень дорогостоящие сооружения специальных полигонов. Технология картового захоронения отходов гальванических производств экологически небезопасна, так как тяжелые цветные металлы могут мигрировать в виде летучих компонентов в воздушную среду или же в форме растворимых соединений переходить в грунтовые воды.

Интересным является направление извлечения ценных компонентов из осадков сточных вод. Для извлечения ценных металлов в основном применяют два основных способа: гидро- и пирометаллургические методы. Пирометаллургические способы включают восстановление безводных соединений металлов при высоких температурах с помощью тех металлов, которые являются более активными, чем получаемые. Среди пирометаллургических технологий можно отметить способ переработки гальванических осадков путем восстановительной плавки с последующей ректификацией и отдельным

получения металлов в виде товарных продуктов. Гидрометаллургические методы пригодны для извлечения металлов из сырья с низкими концентрациями металла и не поддающегося переработке традиционными методами, поэтому роль этих методов в условиях происходящего обеднения и ухудшения качества рудного сырья постоянно возрастает. На основе гидрометаллургических методов можно одновременно выделить из сернокислого раствора медь и кадмий, такой метод широко применяется для очистки сульфатных цинковых растворов. Однако высокая энергоемкость и образование большого количества отходов при использовании вышеуказанных методов ставят под сомнение их перспективность. Кроме этого, достаточно трудно получить металлы с большой степенью чистоты [4; 5].

Более перспективным экономически и экологически выгодным является использование осадков в качестве сырья для производства строительных материалов.

Гальванический шлам можно использовать в керамической промышленности при производстве стеновых и кровельных керамических материалов. Шламы в процессе подготовки к использованию подвергаются термообработке и в качестве отдельного компонента добавляются в глиномассу в количестве 3-5%. После формования изделия и последующего обжига добавка шламов, равномерно распределенная по объему, переходит в связанное состояние, что препятствует её выделению (вымыванию и выветриванию). При этом улучшается механическая прочность и морозоустойчивость керамической продукции на 15-20%, водопоглощение снижается на 2% [6].

Другим способом применения осадков гальванического производства является использование их в качестве минерального наполнителя для изготовления асфальтобетонных смесей. Такие смеси можно использовать при устройстве покрытий дорог, но их не рекомендуют применять при строительстве площадок на территории детских, лечебных и спортивных учреждений.

Однако, из-за возможности выщелачивания тяжелых металлов из бетона, асфальта и даже из керамики под действием факторов окружающей среды, способы утилизации путем совместного отверждения с цементом, глиной и другими вяжущими материалами не всегда пригодны и имеют ограничения по характеристикам эксплуатации полученных изделий, поэтому технология требует более детального исследования.

Технологии утилизации осадков сточных вод в строительстве могут найти стабильное применение только при соблюдении следующих условий:

1. Наличие соответствующих промпредприятий в городе или регионе, которые бы стабильно потребляли указанные отходы и содержащую их продукцию.
2. Высокая технико-экономическая эффективность производства.
3. Постоянство химического состава сырья; это возможно в случае поступления отходов с одного предприятия.

4. Экологическая безопасность продукции в процессе эксплуатации при сохранении строительно-технических свойств. Этот критерий является главным при решении вопросов возможности утилизации гальванических осадков при производстве строительных материалов [7].

Таким образом, минимизация объемов и перечня выбросов загрязняющих веществ может быть обеспечена с внедрением новых методов и технологий. Утилизация и использование осадка в качестве добавки при производстве строительных материалов значительно поможет улучшить экологическую обстановку.

Список литературы:

1. Ермоленко, Б. В. Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. [под ред. П. Д. Саркисова и В. Б. Сажина] / Б. В. Ермоленко. – Текст: непосредственный – М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. – Т. XXII. – № 13. – С. 47-52.

2. Ямпольский, А. М. Краткий справочник гальванотехника / А. М. Ямпольский, В. А. Ильин – Л.: Машиностроение, 1981. – 269 с. – Текст: непосредственный.

3. Виноградов, С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов, В. Н. Кудрявцева – М.: Производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. – 302 с.: 51 ил., 64 табл., 26 библиогр. Назв. – Текст: непосредственный.

4. Наумов, В. И. Утилизация шлама гальванических производств / В. И. Наумов, Ю. И. Наумов, А. П. Галкин, Т. В. Сазонтьева. – Текст: непосредственный // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2009. – Т. 17. – № 3. – С. 41-47.

5. Казанбаев Л. А. Гидрометаллургия цинка / Л. А. Казанбаев – Москва: Издательский дом «Руда и Металлы», 2006. – 176 с.

6. Клищенко, Р. Е. Использование шламов гальванических производств в керамике / Р. Е. Клищенко, Р. Д. Чеботарева, Г. Н. Пшинко, Б. Ю. Корнилович. – Текст: непосредственный // Химия и технология воды. – 2000. – № 6. – С. 26-29.

7. Волков, Л. С. К оценке возможности использования отходов в производстве строительных материалов (на примере осадков сточных вод гальванических производств) / Л. С. Волков, И. В. Генцлер, В. Л. Волков. – Текст: непосредственный // Известия Академии промышленной экологии. – 1997. – №3. – С. 38-40.

© Лобанова М. С., Лобанова Л. И., 2022

ПРОБЛЕМЫ ВВЕДЕНИЯ И ПУТИ РЕШЕНИЯ УДАЛЁННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ НА КАРАНТИНЕ

Старший преподаватель **Султанова Светлана Владимировна**,
Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации учебного процесса в образовательных учреждениях, возникших в условиях карантина, связанного с быстрым распространением коронавирусной инфекции. Рассмотрены примеры использования онлайн платформ для проведения занятий в удалённом режиме, описаны некоторые процедуры ведения занятий, трудности образовательного процесса. Предложен вариант использования ресурса онлайн платформы Дискорд для организации учебного процесса, рассказано о тех возможностях и преимуществах, которые имеются в выбранном ресурсе по сравнению с другими платформами.

Ключевые слова: организация учебного процесса, самоизоляция, удаленный режим, платформа Discord, сервер.

PROBLEMS OF INTRODUCING AND SOLUTIONS OF REMOTE LEARNING DURING A PANDEMIC IN QUARANTINE

Senior Lecturer **Sultanova Svetlana Vladimirovna**
Osh State University,
Osh, Kyrgyzstan

Abstract. The article deals with the organization of the educational process in educational institutions that have arisen under conditions of strict quarantine during a pandemic associated with the rapid spread of coronavirus infection. Examples of the use of online platforms for conducting classes remotely are considered, and the difficulties encountered by both sides of the educational process are described. A variant of using the Discord platform for organizing the educational process in educational institutions is proposed, it is told about the capabilities and advantages of the chosen platform in comparison with other platforms.

Keywords: organization of the educational process, self-isolation, remote mode, Discord platform, server.

Образование в настоящее время является неотъемлемой частью современной цивилизации. Граждане имеют право на образование, и это закреплено законодательством и в нашей стране [1]. Однако, в процессе эволюции возникли непреодолимые препятствия для осуществления образовательного процесса молодого поколения во всем мире, и это препятствие – пандемия опасного вирусного заболевания.

Согласно Закону Кыргызской Республики, образовательная организация может использовать дистанционные образовательные технологии для реализации образовательной программы частично или в полном объеме [2]. Многие образовательные учреждения имеют специализированные системы для организации дистанционного обучения, такие как AVN. С целью сдержать распространение коронавируса весной 2020 года около 30 стран закрыли школы, повсеместно полным ходом начался процесс трансформации системы образования и масштабного перехода на удаленное онлайн обучение [3]. В нашей республике Министр образования и науки Каныбек Исаков с целью снижения рисков распространения коронавируса 25 марта 2020 года издал приказ об организации дистанционных методов обучения в высших и средне-профессиональных учебных заведениях страны [4].

Практически все страны мира не были готовы к такому развитию событий, поэтому большинство стран для сдерживания распространения инфекции объявили режим всеобщей самоизоляции и карантина. Также были не готовы к этому и большинство учебных заведений в нашей республике, поэтому возникла острая необходимость организации такого учебного процесса, который бы базировался на телекоммуникационных технологиях в удалённом режиме. Каждое учебное заведение, а порою и каждый преподаватель, были вынуждены самостоятельно искать выходы из сложившейся ситуации.

Во время самоизоляции автоматизированная система AVN очень хорошо себя зарекомендовала в плане поддержки связи со студентами. То есть студенты были в курсе всех событий на своем факультете, могли задать вопросы и поддерживать обратную связь с факультетом и своими преподавателями по дисциплинам. Они могли получить материалы лекций и практических занятий, задания на СРС, выполнить их и тут же отправить результаты своей работы преподавателю, в чате могли в текстовом режиме задать вопросы и получить на них ответы. Но полноценного занятия провести эта система не позволяет.

Современные требования организации учебного процесса в стенах учебного заведения имеют ряд требований, которые должны были распространиться и на удалённый режим. Это то, что учителя и преподаватели с одной стороны и обучающиеся – с другой стороны, могли одновременно подключаться к какому-либо онлайн ресурсу, чтобы была возможность слышать и видеть друг друга, чтобы можно было бы контролировать и фиксировать время подключения учащихся, передавать и получать текстовые сообщения, чтобы учителю можно было бы «заглянуть» в тетрадь своих учеников, одновременно видя и слыша всех остальных учеников, чтобы выставить оценки и не только объявить их, но и «показать» их родителям, дать домашние задания для самостоятельной работы, проверить результаты домашних работ. Но при этом, чтобы телефоны и другие гаджеты, которые в большинстве случаев имеют ограниченные возможности в объеме накопительной карты, не забивались медиа-файлами. А также, чтобы к уроку подключались именно те люди, которые должны подключиться, чтобы посторонние не мешали учебному процессу, не отвлекали бы ни учителя, ни учеников от урока, то есть разграничение доступа должно обеспечиваться.

Министр образования и науки Кыргызской Республики Каныбек Исаков справедливо отметил, что темпы цифровизации в сфере образования ускорились, сделан качественный скачок вперед, ведь осуществляли его самые прогрессивные представители населения – работники образовательных учреждений [3]. Многим преподавателям пришлось в срочном порядке осваивать технологии телеконференций, дающих возможность собрать в одно время группу студентов в режиме онлайн и провести лекции в голосовом и видеорежиме с демонстрацией учебного материала. Рекомендаций от руководства учебных заведений было множество, это и использование теле и радиовещания, мессенджеров типа WhatsApp, систем ZOOM, Coogole-Klasse, KelBil и другие. Многие использовали то, что умели, например, в WhatsApp создавали группы учеников, а зачастую группы родителей, каждое утро в установленное время делали рассылку заданий в эти группы, а через час требовали присылать выполненные задания в виде фото. Но структура этого приложения такова, что открыть медиа файл возможно только при полном скачивании файла на устройство, поэтому при одномоментной пересылке множества медиа файлов возникали перебои со связью, также на всех гаджетах скапливались фото и видео, которые нужно было в короткие сроки просмотреть, оценить результаты, сделать рецензию на каждую работу и отправить обратно каждому из учеников. Но таких уроков у каждого преподавателя не один за день, а несколько, у некоторых до 6-8 уроков в день. А это колоссальная нагрузка не только на преподавателя, но и на их гаджеты. Приходилось после каждого урока делать очистку гаджетов от медиа файлов, чтобы приложение могло функционировать дальше. Таким образом работало множество школьных учителей, так как ни родители, ни ученики, ни возможности их технической обеспеченности не позволяли использовать другие технологии в силу многих причин, включая то, что многие не имели в наличии других ресурсов.

В случае использования других систем коммуникации преподавателю приходилось осваивать навыки администрирования в этих системах. Каждый раз на каждый урок нужно создавать отдельный сеанс связи, создавать и рассылать приглашение на этот сеанс, в начале сеанса каждого подключившегося студента регистрировать и давать ему доступ, при этом не прерывая лекции. Отслеживать поведение студентов по их статусу, по их поведению во время сеанса, задавать вопросы и отвечать на вопросы студентов, демонстрировать учебные материалы. Возможности этих систем ограничены во времени. Всего 40 минут! На весь сеанс. А затем всё заново: создание сеанса, создание и рассылка приглашений, подключение к сеансу, контроль подключения учащихся и так далее. А количество уроков у преподавателя в день колеблется от 3 до 6 уроков. Поэтому весь процесс проведения уроков, а также организация каждого урока легла именно на каждого преподавателя. Поэтому, по мнению многих коллег, эти предложенные системы слишком рутинны, нагрузка на преподавателя возросла в разы, а оплата труда оставалась на том же уровне. При такой несовершенной организации и слабой связи с точки зрения техники у многих обучаемых наблюдались попытки симуляции: подключались только для видимости, а потом

ссылались на плохую связь, на то, что сеанс «лагает», что ничего не видно или не слышно, поэтому они не могут выполнить задания.

Такая система организации учебного процесса не устроила некоторые группы преподавателей и коллективы учебных заведений. Встал вопрос об использовании современных технологий и платформ в централизованной организации учебного процесса не только отдельных преподавателей, но и целых коллективов. Среди таких платформ нашлась технология, позволяющая собрать на отдельном закрытом сервере весь коллектив учебного заведения, распределить их по классам и группам, разграничить доступ, организовать одновременный сеанс подключения всех учеников и учителей согласно традиционному расписания для проведения уроков, вести урок в 4-х режимах одновременно или по выбору: текстовом, голосовом, видео и стрима. И одна такая платформа – это система DISCORD.

Платформа Discord позволяет создать закрытые серверы, куда попадают только по приглашению администратора сервера, участники сервера регистрируются только первый раз, в последующие разы просто открывается программа Дискорд. Кликнув на иконку на телефоне (или/и компьютере), выбирается нужный текстовой и голосовой каналы, и участник уже в системе и готов к уроку [5].

На уроках нужно зайти в голосовой канал лекции или лаборатории, затем, не отключаясь от голосового, подключиться в нужный канал текстового кабинета. Таким образом, можно одновременно использовать и голосовой канал и текстовой, в текстовой канал можно писать, отвечать на вопросы в письменном виде. В соответствии с вышеописанными требованиями платформа Дискорд имеет следующие возможности.

1. Возможности текстового канала: в текстовом канале можно писать, отвечать на устные вопросы участников голосового канала, вставлять рисунки, делать фото и скрины (например, решение примеров в тетради) и вставлять с помощью знака «+» слева от текстового поля внизу окна текстового канала. Также можно вставлять любые другие медиафайлы и документы, например, видео, гифку или текстовый документ, презентацию, любой другой файл.

Кроме того, справа от текстового поля имеются наборы эмодзи, смайликов и файлов gif, чтобы украсить или разнообразить текстовое общение с участниками текстового чата. Этим снимается напряжение между участниками сервера. Также есть возможность редактирования сообщения, уже отправленного в чат (с помощью инструментов, появляющихся при выделении сообщения справа сверху сообщения).

2. Возможности голосового канала: в режиме реального времени можно подключаться к голосовому каналу, можно общаться как по телефону в голосовом режиме в групповой конференции. Количество голосовых подключений достаточно для проведения поточной лекции в голосовом режиме.

3. Также можно включить режим видеоконференции (в апреле 2020 года было до 50 человек, а в мае уже до 100 человек) и участвовать в видеоконференции (как в системе ZOOM), только разница в том, что здесь время видеоконференции не ограничивается и подключение возможно без

дополнительного приглашения со стороны организатора видеоконференции. Можно спокойно провести лекцию, не прерываясь на повторные подключения через определенные промежутки времени.

4. Лектор (преподаватель) или любой студент может провести стрим (демонстрацию своего экрана) для участников голосового канала. Для этого зайти в дискорд с компьютера или ноутбука (в более новой версии платформы – и со смартфона), сначала открыть презентацию или любой документ, который нужно показать, подключить голосовой режим, затем выбрать кнопку Экран (внизу слева), выбрать нужный экран и нажать кнопку «Прямой эфир». Остальные участники присоединяются к стриму с помощью красной кнопки на имени стриммера в списке голосового канала.

5. Голосовой режим, видеорежим и режим стрима позволяют одновременно заглядывать и использовать любой доступный текстовый канал.

6. После окончания работы в голосовом режиме нужно отключить голосовой режим, нажав на красную кнопку с крестиком и телефонной трубкой справа экрана голосового режима. Это необходимо выполнить, так как голосовой режим не ограничен во времени, поэтому нужно самостоятельно отключать голосовой режим, иначе все подключенные к каналу участники могут слышать ваш домашний «концерт», включая скрип дверей и шепот малышей.

7. Так как эта платформа игровая, она рассчитана на гаджеты широкого спектра выпуска и может работать на многих устройствах, которые имеются у большинства семей, мобильные телефоны типа Андроид, стационарные компьютеры или ноутбуки и нетбуки, имеющие подключение к интернету.

Дополнительные возможности платформы: можно подключиться параллельно к одному и тому же серверу с любого гаджета, у меня одновременно установлен дискорд на двух телефонах, на компьютере и на ноутбуке. Если выключится внезапно свет, то я спокойно могу подключиться с телефона и продолжить сеанс связи, буквально через несколько секунд. Можно одновременно использовать два гаджета, на одном писать, на другом – делать фото или скрин и вставлять в текстовые каналы, при этом с третьего можно подключиться в голосовой канал.

Однако, есть одно ограничение в голосовом режиме. Подключиться в голосовой канал одному участнику можно только с одного гаджета, или подключиться только в один голосовой канал. То есть, одновременно подключиться в два и более голосовых канала не получится. Что является решающим фактором организации расписания одновременного подключения к урокам сразу нескольким группам или классам.

Но несмотря на то, что есть некоторые ограничения в системе Дискорд, они теряются на фоне проблем WhatsApp и Zoom. Например, Дискорд не засоряет память ни у преподавателя, ни у студентов в отличие от WhatsApp; позволяет пересылать фото, скрины, файлы, и при этом не скачиваются при просмотре, все медиафайлы хранятся на сервере. Также каждый раз не нужно создавать отдельный кабинет для каждого урока, возиться с приглашениями и разрешениями, как было сказано выше, все это делается ОДИН раз, в первый, во время регистрации участников на сервере. Затем в течение неограниченного

периода просто заходить в обговоренное время по расписанию в определенные голосовой и текстовой каналы. Немаловажно и то, что время сеанса не ограничено сорока минутами, как это было в самый разгар пандемии, а можно не прерываясь, вести урок положенные 50 минут. Также студенты и школьники могут в любое время зайти в свой текстовый кабинет и получить материалы урока, не дергая при этом преподавателя. Ведь не секрет, что именно на учителя легла еще и моральная ответственность за своих учеников, которые старались быть постоянно на связи со своими учителями. А учителя в свою очередь быстро «выгорали» в таких жестких условиях карантина.

В системе Дискорд плюсов много. И они удачно вписались в расписание целых школ города и даже некоторых кафедр высших учебных заведений нашего города. Существуют масса примеров таких серверов и на территории СНГ и западных стран мира.

Резюмируя вышеописанное, следует отметить, что имеются целые школы от первоклашек до старшеклассников и педагогов, которые использовали платформу Дискорд в качестве основной системы для организации полноценного учебного процесса. Поэтому если освоить возможности Дискорд, тем самым можно по достоинству оценить возможности данной платформы как альтернативу организации удалённого обучения в наше непростое время. Но и в условиях традиционного обучения эта система удачно может вписаться в процесс обучения в плане индивидуальной и групповой работы.

Список литературы:

1. Закон КР от 29 декабря 2011 года № 255/ ст. 3. – Текст: непосредственный.
2. Закон КР от 30 июля 2013 года № 176, 5 ноября 2013 года № 199. Ст. 14. – Текст: непосредственный.
3. Вузы и колледжи Кыргызстана переводят на дистанционное обучение: [сайт]. – URL: <http://yntymak.kg/ru/vuzy-i-kolledzhi-kyrgyzstana-perevodyat-na-distantcionnoe-obuchenie/> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.
4. Приказ от 25 марта 2020 года Министра образования и науки КР К. Исакова «Об организации дистанционных методов обучения в высших и средне-профессиональных учебных заведениях». – Текст: непосредственный.
5. Blog: Как Discord может помочь преподавателям: [сайт]. – URL: <https://support.discord.com/hc/ru/articles/360041360311> (дата обращения: 11.05.2022). – Текст: электронный.

© Султанова С. В., 2022

ДИАГНОСТИКА УДАРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ФРАГМЕНТА ЛОПАСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Аспирант **Тажибаева Александра Валерьевна**,
Доктор техн. наук, профессор **Митряйкин Виктор Иванович**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматриваются варианты применения различных панелей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях лопастей ветровых электростанций с целью повышения их прочности после ударных воздействий. Разработана и реализована методика нанесения ударных повреждений по фрагментам лопасти ветровой энергоустановки. Исследован характер ударных повреждений панелей современными методами неразрушающего контроля.

Ключевые слова: композиционные материалы, лопасть ветрогенератора, углеродное волокно, неразрушающий контроль, компьютерная томография.

DIAGNOSTICS OF IMPACT DAMAGES OF A WIND GENERATOR BLADE FRAGMENT

PhD Student **Tazhibaeva Alexandra Valerievna**,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Mitryaikin Viktor Ivanovich,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. The paper considers options for the use of various panels made of polymer composite materials (PCM) in the designs of wind turbine blades in order to increase their strength after impact. A technique for applying shock damage to fragments of a wind turbine blade has been developed and implemented. The character of impact damages of panels by modern methods of non-destructive testing has been studied.

Keywords: composite materials, wind turbine blade, carbon fiber, non-destructive testing, CT scan.

Мировые энергетические рынки проходят этап, связанный с успешным развитием технологий в сфере возобновляемой энергетики и ростом их общей конкурентоспособности [1, с. 198], [2, с. 46]. В рамках современной программы развития «зеленой» энергетики в России разработан механизм поддержки импортозамещающего производства, генерирующего оборудования на основе

возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с целью получить не только «конечный продукт» в виде самих генерирующих объектов, но и полноценный научно-производственный комплекс, связанный с разработкой, внедрением, опытным и серийным производством энергетического оборудования. В частности, для производства компонентов ветроэнергетических установок, в том числе гондол, стальных башен, лопастей, безредукторного генератора. Сочетание технологической и операционной конкуренции с зарубежными производителями приведет к поэтапному снижению фактических цен на ВИЭ, особенно в арктических районах.

Широко используются в конструкциях лопастей современных ветрогенераторов полимерные композиционные материалы (ПКМ) [3, с. 61]. Для восприятия осевых усилий растяжения и сжатия на отдельных участках конструкций устанавливаются специальные продольные элементы силового набора – стрингеры, связанные с обшивкой. Они приформовываются к обшивке, образуя Т-образную зону склейки. В процессе изготовления и эксплуатации деталей и конструкций с силовым набором могут появляться различные дефекты: расслоения, участки неполного отверждения, посторонние включения [4, с. 27]. В настоящее время находят применение новые типы подкрепленных панелей из ПКМ, где силовой набор формируется вместе с изготовлением обшивки, такие панели называются интегральными [5, с. 12]. Под интегральными понимают изделия, состоящие из различных по конфигурации и функциям структурных элементов, объединенных в единое целое без соединительных швов. Польза от повышения степени интегральности очевидна, поскольку ПКМ в силу своих технологических характеристик позволяют выйти на новый уровень интегрирования элементов в изделиях с высокой весовой отдачей.

В процессе работы лопасти ветрогенератора из ПКМ могут получать различные эксплуатационные повреждения. Наиболее опасными дефектами являются ударные повреждения, они могут появиться при воздействии града или кусков льда оторвавшихся при обогреве лопастей. Такие дефекты трудно обнаруживаемы при визуальном осмотре, при этом они существенно снижают способность конструкции сопротивляться эксплуатационным нагрузкам и склонны к росту в процессе функционирования.

В данной работе рассматривается проблема, связанная с повышением надежности лопастей ветрогенератора из современных отечественных ПКМ после ударных воздействий.

Для исследования ударостойкости были изготовлены образцы из двух типов материала: углепластика (ортогонально армированного однонаправленным безутковым углепрепрегом) марки УКН-М-2,5 К (тип «С») и комбинации армирующих слоев углепластика, и полиэтилен пластика (тип «D»). В качестве связующего использовалась смола К-29-13. На рис. 1а показана технология изготовления таких панелей. Полиэтиленпластик вводился в конструкцию панели из предположения увеличения ударостойкости панели за счет более высоких энергопоглощающих свойств материала и снижения за счет этого повреждаемости силового набора панели. Всего изготовлено 6 панелей –

по три панели каждого типа. Общий вид панели приведен на рис. 1б. Ширина образцов – 100 мм, длина – 150 мм, высота стрингера – 12,5 мм. Для изготовления углепластиковых интегральных панелей использовался однонаправленный безутковый углепрепрег, армирование – ортогональное, количество слоев 11 ($0^\circ/90^\circ$). Толщина обшивок 1,25 мм. Изготовление панелей из комбинированного материала проводилось с использованием также безуткового углепрепрега и высокомодульной полиэтиленки. Армирование – ортогональное. Схема укладки слоев: углепрепрег, формирующий нижнюю поверхность обшивки и стрингерный набор) 4 слоя ($0^\circ/90^\circ$); 2 слоя полиэтилен ткани (толщина 0,45 мм); 3 слоя углепрепрега.

Нанесение ударных повреждений проводили с использованием копра вертикально падающим грузом Instron Dynatup 9250HV. Ударный наконечник диаметром 16 мм оснащен высокочувствительным датчиком нагрузки РСВ Piesotronics, позволяющий регистрировать нагрузку с точностью $\pm 1\%$ от измеряемого диапазона и линейностью 0,2%. Падающий груз перемещается по вертикальным направляющим, что позволяет с высокой точностью наносить удары в выбранное место конструкции. Машина оснащена пневматической системой предотвращения повторного удара.

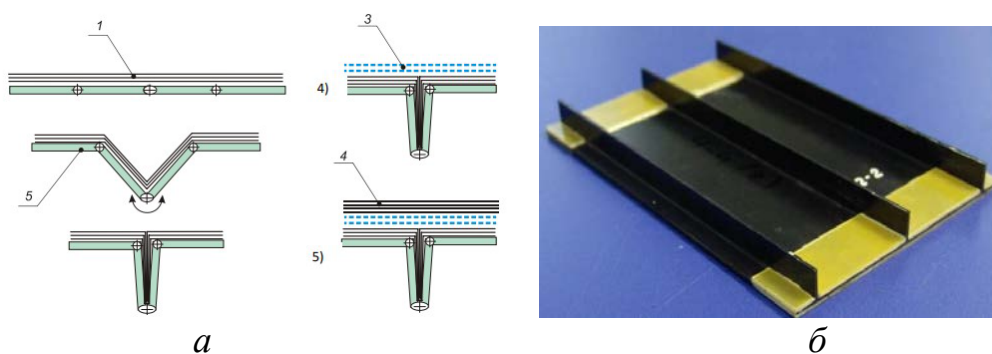


Рис. 1. Технология изготовления (а) и общий вид интегральной панели (б)

Испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 33496 – 2015 «Метод испытания на сопротивление повреждению при ударе падающим грузом». Была проведена доработка ударного стенда, поскольку у него было предусмотрено крепление только плоских пластин. При испытаниях системой регистрировалась установленная высота груза, его масса, время продолжительности эксперимента, глубина внедрения ударника, контактная нагрузка в процессе удара. По результатам эксперимента строились графики зависимости нагрузки и энергии времени.

Удар наносился в зону подкрепления обшивки стрингером, так как повреждение в данной зоне должно приводить к более сильному снижению прочности панели при постударном нагружении. Из условий инициации неполного разрушения интегральных панелей энергия удара составляла 2 и 10 Дж. Испытания образцов углепластиковых интегральных панелей показали, что панели (тип «С») обладают высокой жесткостью. Максимальная глубина внедрения ударника в панель (при ударе в 10 Дж) составляет 4,5–5,4 мм. Среднее

значение максимальной реакции углепластиковой интегральной панели при ударе 2 Дж составляет 1700 Н, при ударе 10 Дж – 2500 Н. На рис. 2а показан характер разрушения панели непосредственно в месте удара.

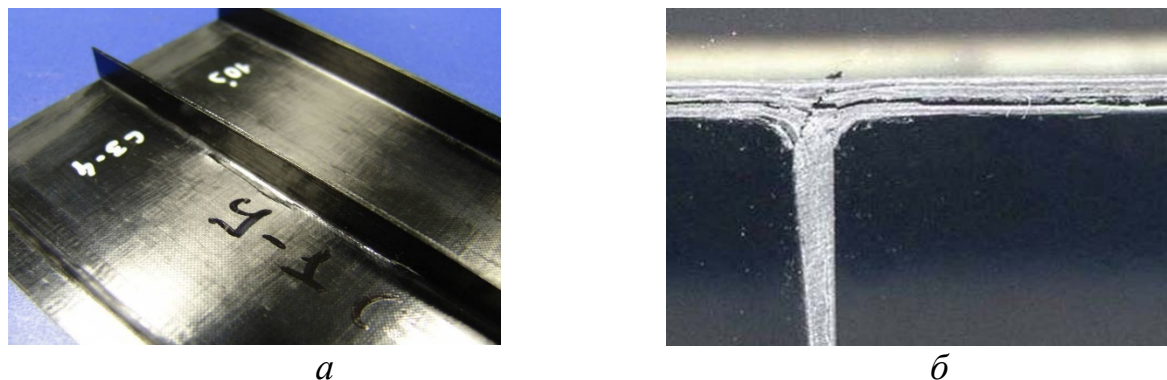


Рис. 2. Характер внешних повреждений а) и внутренних разрушений б) панели при ударе 10 Дж

Эксперимент показал, что среднее значение максимальной нагрузки комбинированной интегральной панели при ударе 2 Дж составляет 1450 Н, при ударе 10 Дж – 2200 Н. По характеру нагружения можно сказать, что данный тип панелей более упруго воспринимают удар в 2 Дж, по сравнению со сплошными углепластиковыми панелями [6, с. 226].

В качестве первичной оценки повреждения применяют визуальный контроль и измерение геометрических характеристик вмятины. Изучение вмятин проводили контрольно-измерительной машиной с лазерной сканирующей головкой Perceptron Scan Works. Результаты осмотра показали, что при ударе в 2 Дж для каждого типа панелей, видимых повреждений на панелях не наблюдалось, а удар в 10 Дж приводит к частичному внутрислоевому и межслоевому разрушению панелей с обратной стороны в месте перехода обшивки в стрингер.

На рис. 2б показан срез панели Тип С по месту удара и характер разрушения. На данной фотографии видно, что по сечению панели наблюдаются характерные зоны повреждения: первая – трещина от действия удара под углом в 45° пересекает обшивку и выходит наружу у корневой части стрингера. Вторая зона – межслоевое разрушение, возникающее при продольном сжатии панели. Возможно, что это связано с низкой межслоевой прочностью материала.

Современные методы расчета позволяют с достаточной точностью оценить напряженно-деформированное и предельное состояние композиционных конструкций при действии эксплуатационных нагрузок с учетом ударных повреждений. Для этого необходимо знать расположение и размеры дефекта. Поэтому наряду с определением внешних размеров повреждений (глубины и площади вмятины) необходимо применение современных приборов и методов неразрушающего контроля оценки внутренних расслоений и объема повреждения. Исследование внутренних повреждений первоначально проводили при помощи комплекса ультразвукового

неразрушающего полуавтоматического контроля Olympus OmniScan MX2 с датчиком 3.5 МГц с фазированными решетками (64 элемента). Данный комплекс оснащен системой 2-х координатного позиционирования датчика – Gilder, который позволяет точно определить положение дефекта. Для измерения площади повреждений регистрировался С-скан (вид сверху), который отображает область сканирования под датчиком. Скан обладает координатной линейкой для точного определения местоположения дефекта и его геометрических характеристик. По результатам сканирования были определены характер и площадь внутренних повреждений при различных энергиях удара.

Послойное исследование образцов с повреждениями проводилось методом рентгеновской компьютерной томографии. Данный метод позволяет визуализировать внутреннюю структуру изделий посредством обработки теневых проекций, полученных при рентгеновском просвечивании объекта.

Список литературы:

1. Mishnaevsky Jr. L., Favorsky O. Composite materials in wind energy technology // Thermal to mechanical energy conversion: engines and requirements. 2012. pp. 195-207.
2. Watson C. J. Composite materials for wind blades // Wind Systems. 2010. Vol. 66. pp. 46-51.
3. Окольников, Г. Э. Использование углеродного волокна в конструкциях ветровых электростанций / Г. Э. Окольников, Д. А. Бронников, Н. И. Щедрин. – Текст: непосредственный // Системные технологии. – 2018. – № 27. – С. 60-63.
4. Бойчук, А. С. Контроль монолитных деталей и конструкций авиационной техники, изготавливаемых из ПКМ ультразвуковым методом неразрушающего контроля с использованием фазированных решеток / А. С. Бойчук, А. С. Генералов, М. А. Далин, И. А. Диков. – Текст: непосредственный // Основные тенденции, направления и перспективы развития методов неразрушающего контроля в аэрокосмической отрасли: сб. трудов X Всерос. конф. «ТестМат». – М.: ВИАМ, 2018. – С. 18–31.
5. Халиулин, В. И. Технология производства изделий из композитов. Технология интегральных конструкций: учебное пособие / В. И. Халиулин, В. В. Батраков. – Текст: непосредственный // Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2018. – 233 с.
6. Беззаметнов, О. Н. Испытания низкоскоростным ударом различных композиционных материалов / О. Н. Беззаметнов, В. И. Митряйкин, В. И. Халиулин. – Текст: непосредственный // Вестник Московского авиационного института. – 2019. – Т. 26. – № 4. – С. 216-229.

© Тажибаева А. В., Митряйкин В. И., 2022

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРОМ

Студент **Капен Тилеген Абайулы**,
Старший преподаватель **Метелев Иван Сергеевич**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье описывается принцип, преимущества и недостатки использования лазера для передачи электроэнергии. Помимо этого, перечисляются области, в которых используется такого рода передача энергии, и примеры новейших и будущих разработок мировых компаний.

Ключевые слова: беспроводная передача, электроэнергия, электричество, лазер, спутник, удаленное питание.

PROSPECTS OF ENERGY TRANSFER BY LASER

Student **Kapen Tilegen Abaiuly**,
Senior Lecturer **Metelev Ivan Sergeevich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. This article describes the principle, advantages and disadvantages of using a laser to transmit electricity. In addition, it lists the industries in which this kind of energy transfer is used, and examples of the latest and future developments of global companies.

Keywords: wireless transmission, electric power, electricity, laser, satellite, remote charging.

На сегодняшний день существует несколько способов удаленной передачи электричества. Один из них осуществляется посредством лазера. Данный метод основывается на том, что энергия электромагнитного излучения, которое находится в области спектра от 10 мкм до 10 нм, преобразовывается в луч лазера, который направляется на приемник с фотоэлементом [1]. В принципе, все лазеры могут быть использованы для передачи энергии. Однако основными параметрами, по которым выбирается лазер, являются: эффективность процесса генерации лазера и эффективность процессов поглощения и преобразования лазерного излучения в электрическое. Также широкое применение имеют лазеры

с солнечной накачкой. В них солнечный свет используется для генерации лазерного луча. Существует два вида таких лазеров: с прямой и косвенной накачкой. Лазеры с прямой солнечной накачкой используют солнечное излучение непосредственно в качестве источника энергии, вводимого в среду усиления лазера. Лазеры с непрямой солнечной накачкой сначала преобразуют излучение, например, с помощью фотоэлектрических панелей, в электричество, которое затем используется для выработки луча [2]. Что касается кристаллов лазера, то с точки зрения устойчивости к термическим воздействиям сапфир представляется оптимальным материалом для лазерной среды. Поскольку большие сапфировые кристаллы очень трудно изготовить, большинство концепций основаны на лазерных кристаллах YAG (иттриево-алюминиевый гранат). YAG-лазер является наиболее широко используемым; он может эффективно накачиваться лазерными диодами или солнечным излучением, испуская видимое излучение на длине волны 0,532 мкм [3]. В качестве приемника может служить солнечная панель или другие устройства с фотоэлементами.

Способ передачи энергии посредством лазеров имеет ряд преимуществ. Например, распространение коллимированного монохроматического волнового фронта обеспечивает узкую площадь поперечного сечения луча для передачи на большие расстояния. В результате, при увеличении расстояния от передатчика до приемника, мощность практически не снижается или вообще не снижается. Также отсутствуют радиочастотные помехи для существующей радиосвязи, такой как Wi-Fi и мобильная связь. Помимо этого, достоинствами являются компактный размер (твердотельные лазеры помещаются в небольшие изделия) и контроль доступа (питание получают только приемники, пораженные лазером) [4].

Однако и недостатки довольно существенны. Лазерное излучение опасно. Без необходимой защиты, при низком уровне мощности это излучение может ослепить человека или животное, а при больших мощностях способно и вовсе убить точечным нагревом. Невысокое КПД преобразования и потери из-за погодных условий – также довольно существенные минусы. Фотоэлектрические элементы достигают максимальной эффективности 40-50%, а поглощение и рассеяние облаками, туманом, дождем и т. д. приводят к потерям до 100%.

Несмотря на перечисленные недостатки, данный метод широко используется и активно исследуется. Вот уже несколько лет японское космическое агентство JAXA проводит масштабную и целенаправленную программу исследований и разработок, направленную на разработку солнечных электростанций космического базирования, включая в качестве двух основных технических вариантов концепции на основе микроволновых и лазерных технологий. Были предложены новые конструкции и варианты лазерных систем. Центр летных исследований Драйдена НАСА продемонстрировал легкую беспилотную модель самолета, приводимую в действие лазерным лучом. Это

доказательство концепции демонстрирует возможность периодической подзарядки с использованием системы лазерного луча.

Ученые из Китайской академии наук разработали доказательство концепции использования двухволнового лазера для беспроводной зарядки портативных устройств или беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [5]. Это может быть крайне полезно при необходимости обеспечивать долгий полет такого рода устройств при съемке видео, наблюдении или выполнении другого рода задач.

С 2006 года компания PowerBeam, изобретшая лазерную технологию, безопасную для глаз, также разрабатывает готовые для коммерческого применения узлы для различных потребительских и промышленных электронных устройств. Помимо этого, в 2018 году была продемонстрирована первая беспроводная система питания, использующая лазеры для потребительских применений, способная подавать питание на стационарные и движущиеся устройства по всей комнате. Эта беспроводная система питания соответствует правилам техники безопасности в соответствии со стандартом IEC 60825 и является безопасной [6].

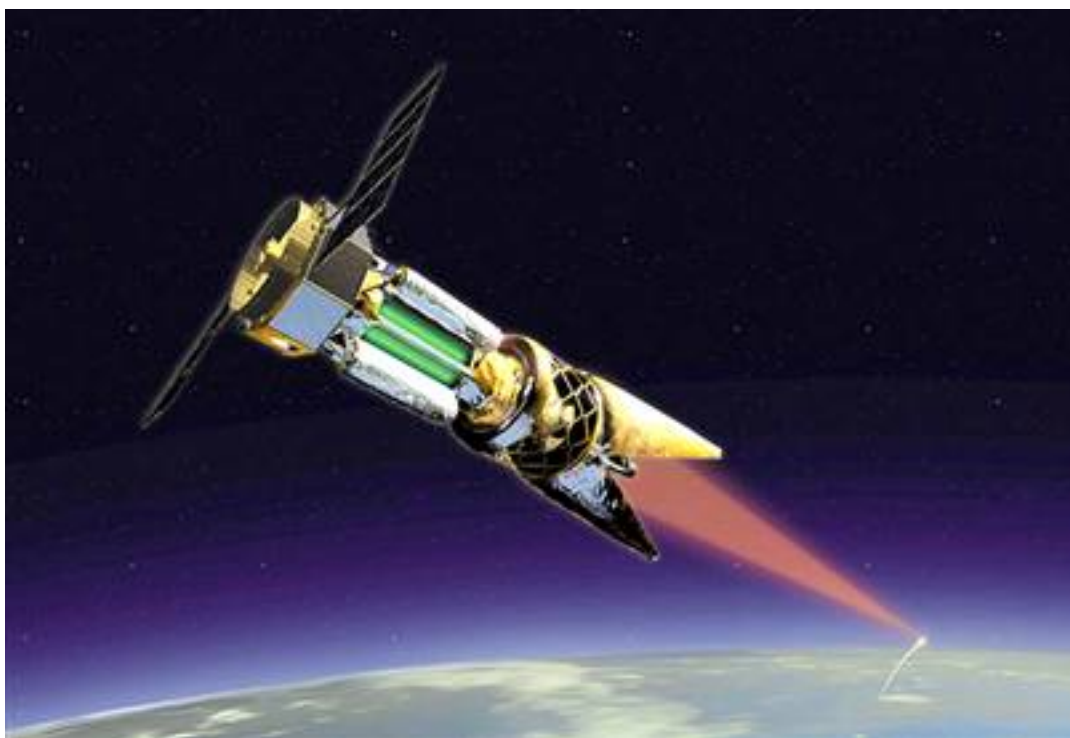


Рис. 1. Проект компании JAXA

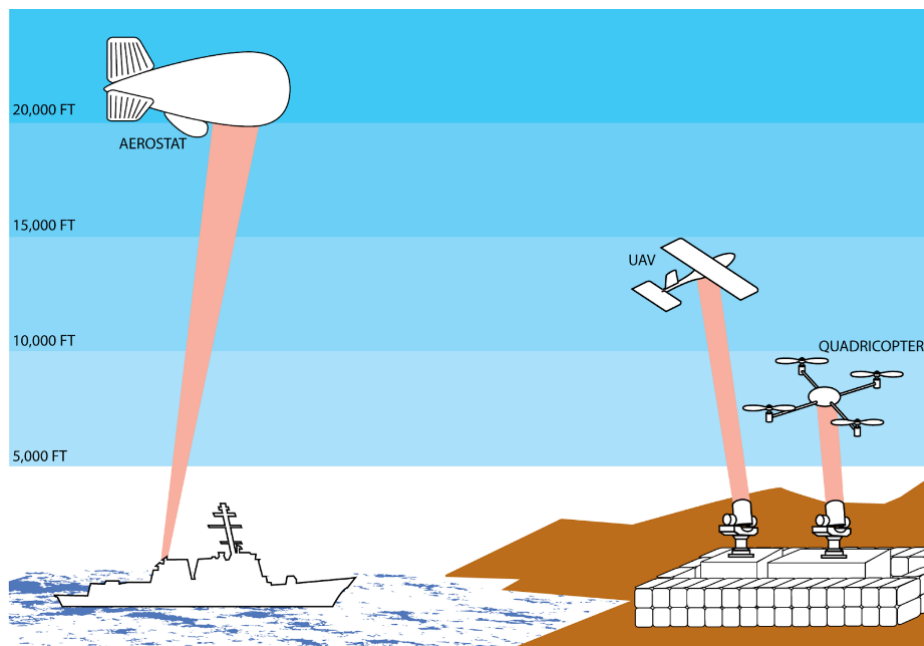


Рис. 2. Обеспечение повышенной выносливости летательных аппаратов

Таким образом, можно заметить, что развитие технологии лазерной передачи энергии может быть очень полезно в определенных областях, где имеются недостатки, связанные с потерями в атмосфере. В частности, для передачи энергии из космоса на землю, а также для обеспечения продолжительного полета летательных аппаратов.

Список литературы:

1. Sahai A., Graham D. Optical wireless power transmission at long wavelengths // International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS). 2011. pp. 164-170.
2. Cougnet C., Sein E., Celeste A., Summerer L. Solar power satellites for space exploration and applications // ESA. Solar Power from Space. 2004. Vol. 567.
3. Stewen C., Larionov M., Giesen A., Contag K. Yb: YAG thin disk laser with 1 kW output power // OSA Trends in Optics and Photonics, Advanced Solid-State Lasers. 2000. pp. 35-41.
4. Smith D. Wireless power spells end for cables // The Observer. 2009.
5. Wu Chen-Wu, Wang Jyhwen, Huang Chen-Guang A coupled model on energy conversion in laser power beaming // Journal of Power Sources. Elsevier. 2018. pp. 211-216.
6. *Happich J.* Israeli Startup Turns Luminaires into Wireless Power Chargers. 2018. URL: <https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21806078/israeli-startup-turns-luminaires-into-wireless-power-chargers> (дата обращения: 21.04.2022).

УВЕЛИЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Студент **Краснов Дмитрий Витальевич**,
Науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент

Вилданов Рустем Ренатович,
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: В статье рассмотрено эффективное использование водородных технологий на атомных электростанциях (АЭС), благодаря чему повышается маневренность при эксплуатации и оснащается электроснабжением станция в нерабочее время.

Ключевые слова: ядерная энергетика, водородная технологий, авария, потери, мощность, КПД.

INCREASING THE SAFETY OF NPP USING HYDROGEN TECHNOLOGIES

Student **Krasnov Dmitry Vitalievich**,
Academic Adviser: PhD in Technology, Associate Professor

Vildanov Rustem Renatovich,
Kazan State Power Engineering University
Kazan, Russian Federation

Abstract. The article discusses the effective use of hydrogen technologies at nuclear power plants (NPP), which increases maneuverability during operation and equips the station with power supply during non-working hours.

Keywords: nuclear power, hydrogen technology, accident, losses, power, efficiency.

В мире произошло большое количество крупных системных аварий, приведших к принудительному отключению и падению генерирующих мощностей. Для атомных электростанций эта проблема становится чрезвычайно важной в связи с требованием обеспечить охлаждение активной зоны реактора. Основываясь на данных Института «Атомэнергопроект» (это было показано на примере Балаково на энергоблоке № 4 АЭС) события, связанные с потерей мощности, вносят наибольший вклад в потенциальную частоту повреждения активной зоны реактора (51,4%). В этом случае главные циркуляционные насосы отключаются, что приводит к повышению давления во вторичном контуре, срабатыванию BRU-As (быстродействующих клапанов сброса пара со сбросом в атмосферу) и предохранительных клапанов парогенератора, соответственно, к выбросу пара в атмосферу. Чтобы исключить потерю жидкости через

предохранительные клапаны вторичного контура и избежать негативных последствий, предпочтительным вариантом является охлаждение реактора в стандартном режиме без включения BRU-A, т. е. поддержание работы циркуляционного насоса и отвод части пара, не израсходованного во вспомогательном контуре турбины, в конденсатор через BRU-Ks (быстродействующие клапаны сброса пара со сбросом в конденсатор турбины) [1].

Во время потери мощности одним из способов охлаждения реактора в стандартном режиме является охлаждение его собственной энергией, подаваемой от вспомогательной турбинной установки, которая работает на паре, образующемся благодаря теплу распада и энергии от сгорания водорода в кислороде. Для повышения эффективности постоянно работающей вспомогательной турбины в данной статье рассматривается блок-схема с накоплением неизрасходованной электрической энергии в виде водорода и кислорода в ночные часы непиковой нагрузки и использованием этой энергии для перегрева пара, поступающего на вторичную турбину в час пик. В этом случае вспомогательная турбина и водородные установки могут быть развернуты за пределами площадки. Дополнительное количество пара, необходимое для работы вспомогательной турбинной установки, может быть получено путем увеличения мощности реактора, в результате чего производительность цилиндра высокого давления увеличится, а цилиндр низкого давления избежит перегрузки за счет части пара, подаваемого во вспомогательную паровую турбину после промежуточного перегрева [2].

Вспомогательная паротурбинная установка работает непрерывно, т. е. в дневное время она используется для пиковой выработки электроэнергии, а в ночное время ее нагрузка снижается до минимума. В аварийной ситуации, вызванной, например, потерей мощности, вспомогательная турбина продолжает питаться паром, образующимся за счет тепла распада. По мере уменьшения его количества в камеру сгорания начинают поступать накопленные водород и кислород и вводиться балластная вода, что приводит к образованию количества пара, необходимого для поддержания мощности. После его остановки в любом реакторе будет происходить выделение тепла из-за поглощения продуктов радиоактивного превращения осколков деления (бета-частиц и гамма-квантов). На начальном этапе охлаждения в первом контуре поддерживается естественная конвекция за счет отвода тепла через парогенератор (со скоростью не более 15°C в час). В то же время требуемая часть пара, вырабатываемого теплом распада активной зоны реактора, подается в паровую турбину из парогенерирующего устройства. Остальная часть пара отводится в конденсатор через BRU-Ks. Для четырех энергоблоков требуется по меньшей мере две паровые турбины (одна для первого и одна для третьего или одна для второго и одна для четвертого энергоблока в зависимости от последовательности дозаправки). Мы рассмотрим наихудший сценарий, когда одна из вспомогательных паротурбинных установок

выведена из ремонта, в то время как все агрегаты находятся в работе, и четыре блока охлаждаются с помощью одной вспомогательной турбины с использованием тепла распада от одного реактора; весь пар, вырабатываемый в оставшихся трех турбинах, отводится в конденсатор через BRU-Ks. Давление на входе в турбину поддерживается равным стандартному давлению с помощью BRUs. Тепла распада от одного реактора ВВЭР-1000 достаточно для того, чтобы вспомогательная турбинная установка вырабатывала электроэнергию, необходимую для охлаждения одного энергоблока в течение 72 часов. В случае двух энергоблоков тепла распада от одного реактора будет достаточно для восьми часов. Для четырех энергоблоков это время уменьшается примерно до одного часа. В течение этого периода двухступенчатая камера сгорания водорода с водяно-паровым охлаждением приводится в рабочее состояние. В течение следующих двух часов камера сгорания водорода работает только для перегрева пара, вырабатываемого в главном парогенераторе. Далее пар под давлением перестает быть достаточным для выработки необходимой энергии, и в течение восьми часов после начала аварии камера сгорания водорода работает с целью выработки недостаточного количества перегрева пара (через впрыск балластной воды в камеру сгорания) и перегрева горячего пара из главного парогенератора. Через восемь часов после начала аварии камера сгорания водорода начинает работать как независимый парогенератор, а пар, вырабатываемый в главном парогенераторе, отводится в конденсатор через BRU-Ks [3].

Примерно через 10 часов после начала аварии температура первичного теплоносителя снижается до уровня ниже 150°C , и включается аварийная система охлаждения активной зоны низкого давления (LP ECCS). Начинают работать следующие насосы LP ECCS: насос аварийного охлаждения TsNR-800-230 и насос аварийного обслуживания TsVA 1350-35 (техническая вода используется для отвода тепла из теплообменника ECCS). Насос аварийной питательной воды и циркуляционный насос продолжают работать только на энергоблоке, на котором развернута камера сгорания водорода и вспомогательная турбинная установка, в то время как такие насосы отключены на других подразделениях. Количество водорода, необходимое для охлаждения всех четырех реакторов за 72 часа в предполагаемых условиях, составляло 64 тонны [3].

Использование системы сжигания водорода с регулированием водородно-кислородного пара обеспечивает эффективный пароводородный перегрев рабочего пара. Это достигается за счет охлаждения камеры сгорания горячим паром, что предотвращает потерю большого количества тепла. Кроме того, в этом случае внутри контура камеры сгорания не образуются отложений солей [4].

Охлаждение на базе вспомогательной паровой турбины позволяет использовать тепло распада реактора для выработки электроэнергии. При соответствующем выборе мощности вспомогательной турбины, теплоты распада

одного реактора может быть достаточно для его охлаждения без дополнительного питания в течение 72 часов. Тепловой энергии распада от одного реактора достаточно для охлаждения четырех энергоблоков в течение 1 ч. Далее горячий пар перегревается и дополнительный пар образуется за счет сгорания водорода в кислороде, что обеспечивает поддержание такой мощности вспомогательной турбинной установки, которая требуется для внутреннего электроснабжения АЭС [5].

Таким образом, предлагаемая технологическая схема с постоянно работающей вспомогательной паровой турбиной малой мощности в сочетании со встроенной водородной установкой, развернутой на АЭС, обеспечивает повышенную надежность внутреннего электроснабжения во время отключений, большую гибкость энергоблоков АЭС в стандартном режиме работы и дополнительную пиковую и непиковую мощность поставок в энергосистему от АЭС, а также для обеспечения возможности работы АЭС без снижения нагрузки в ночное время.

Список литературы:

1. Аминов, Р. З. Способ охлаждения водоохлаждаемого реактора при полном обесточивании АЭС на основе водного цикла / Р. З. Аминов, А. Н. Егоров, В. Е. Юрин //Атомная энергия. – 2013. – Текст: непосредственный.
2. Аминов, Р. З. Векторная оптимизация режимов работы электростанций. Мощность режима векторной оптимизации / Р. З. Аминов. – Москва: Изд-во Энергоатомиздата, 1994. – С. 320. – Текст: непосредственный.
3. Владимиров, В. И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов / В. И. Владимиров. – Москва; 1986. – С. 190-194. – Текст: непосредственный.
4. Аминов, Р. З. Оценка надежности электроснабжения собственных нужд АЭС: материалы Конкурса докладов по электроэнергетической и электротехнической тематике молодежной секции РНК СИГРЕ, апрель 2013 г. / Р. З. Аминов, В. Е. Юрин. - Иваново, Изд-во СИГРЕ. – С. 67-77. – Текст: непосредственный
5. Аминов, Р. З. Атомная энергия / Р. З. Аминов, В. И. Игнатов – Т. 92. – № 1. – 2002. – С. 86-89. – Текст: непосредственный.

© Краснов Д. В., 2022

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛООТВОДА ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ОТВС ШХ

Студент Глухов Степан Михайлович,
Студент Ширманов Иван Андреевич,
Канд. техн. наук, доцент Ташлыков Олег Леонидович,
Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается схема пассивной системы теплоотвода остаточных тепловыделений отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) по принципу работы кольцевого термосифона. Выполнена расчетная оценка коэффициентов теплоотдачи. Проведено сравнение значений теплофизических параметров системы, рассчитанных по нескольким методикам.

Ключевые слова: термосифон, система пассивного теплоотвода, ОТВС, шахта–хранилище, коэффициент теплоотдачи, кольцевой канал.

CALCULATION EVALUATION OF THE THERMOPHYSICAL PARAMETERS OF THE PASSIVE HEAT REMOVAL SYSTEM OF SFA SS

Student Glukhov Stepan Mikhailovich,
Student Shirmanov Ivan Andreevich,
PhD in Technology, Associate Professor Tashlykov Oleg Leonidovich,
Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russian Federation

Abstract. The paper considers the scheme of a passive system of residual heat removal from spent fuel assemblies (SFA) according to the principle of operation of a ring thermosiphon. The estimation of heat transfer coefficients is performed. Comparison of the calculated values of the system thermophysical parameters is made according to the selected methods.

Keywords: thermosiphon, passive heat sink system, SFA, storage shaft, heat transfer coefficient, ring channel.

В соответствии с НП-033-11 «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок», целью обеспечения безопасности ИЯУ является ограничение радиационного воздействия исследовательских ядерных установок (ИЯУ) на работников (персонал), население и окружающую среду при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии.

Для поддержания ядерной безопасности необходимо обеспечить целостность оболочек ТВЭЛов, как при работе реактора, так и при хранении ОТВС. Для этого необходимо обеспечить надежное охлаждение ОТВС как при нормальной работе, так и при внештатных ситуациях работы: потере электроснабжения, необходимости выгрузки всех тепловыделяющих сборок (ТВС) в шахту-хранилище (ШХ).

Пассивные системы теплоотвода для бассейна выдержки (шахты-хранилища) ОТВС могут стать дополнительной системой безопасности как при штатной работе реакторной установки (РУ), так и при аварийных ситуациях, включая обесточивание или необходимость выгрузки всех ТВС из активной зоны в ШХ.

Цель работы: расчетная оценка функционирования СПОТ, определение теплофизических параметров системы, ее эффективности отвода остаточных тепловыделений.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1. Выбор принципиальной схемы СПОТ.
2. Разработка конструкции экспериментальной установки.
3. Определение мощности остаточного тепловыделения ОТВС ИЯУ ИВВ-2М для понимания, какой мощностью должна обладать установка.
4. Выбор теплоносителя для системы по его теплофизическим параметрам.
5. Расчет теплофизических параметров СПОТ, сравнение методик расчета, выбор наиболее оптимальной в рамках нашего проекта.

Методы и средства

На первом этапе исследования была предложена принципиальная схема СПОТ (рис. 1а) на основе принципа работы кольцевого термосифона [1], также разработана схема экспериментальной установки (рис. 1б).

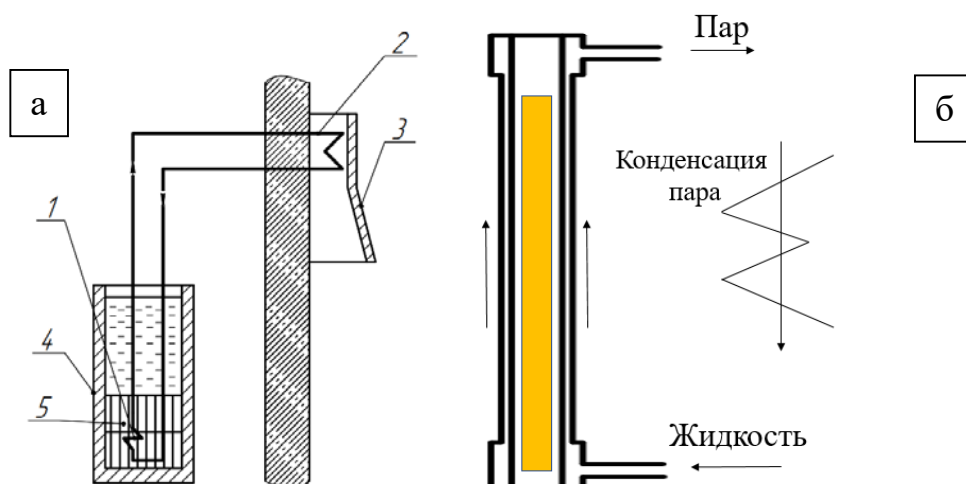


Рис. 1. Схема СПОТ:

- а) – принципиальная схема СПОТ; б) – схема экспериментальной установки
 1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 – вытяжная труба; 4 – ШХ; 5 – ОТВС

Экспериментальная установка представляет собой две коаксиальные трубы, в кольцевом зазоре которых находится легкокипящий теплоноситель. Модель ТВС – нагревательный элемент – расположена в внутренней трубе. Пространство внутренней трубы заполнено водой, имеющей температуру кипения выше, чем у теплоносителя. Подвод тепла от модели ТВС к легкокипящему теплоносителю осуществляется через стенку внутренней трубы. В зазоре теплоноситель достигает температуры насыщения, испаряется и в виде пара поднимается в конденсатор, где после конденсации по опускному каналу возвращается в испарительную часть.

Для определения мощности остаточного тепловыделения, которую должна отводить система, было проведено исследование по оценке значения мощности ОТВС в ШХ ИЯУ ИВВ-2М.

Остаточная мощность тепловыделения – специфическая особенность ядерного топлива, заключающаяся в том, что после прекращения цепной реакции деления и обычной тепловой инерции выделение тепла в реакторе продолжается еще долгое время, что создает ряд технически сложных проблем, непосредственно связанных с ядерной безопасностью. Для расчета мощности остаточного тепловыделения используются различные формулы, наибольшее распространение получила формула Вэя – Вигнера, также рассматривали формулу Унтермайера – Уэллса [2].

Расчетная формула Вэя – Вигнера:

$$\frac{W_{\beta,\gamma}}{W_0} = 6,5 \cdot 10^{-2} \cdot (\tau_c^{-0,2} - (\tau_c + T)^{-0,2}), \quad (1)$$

где $W_{\beta,\gamma}$ – мощность остаточного тепловыделения реактора через время τ_c после его останова;

W_0 – мощность реактора до останова, на которой он работал в течение времени T .

Зависимость (1) в литературе [2] рекомендуется использовать для времени выдержки ОТВС от 10^4 с, а также применимость ее в большей мере относится к реакторам с малым обогащением по U-235.

Расчетная формула Унтермайера – Уэллса:

$$\frac{N_{\text{ост}}}{N} = 0,1 \cdot ((\tau + 10)^{-0,2} - (\tau + T + 10)^{-0,2}) - 0,87(\tau + 2 \cdot 10^7)^{-0,2} - (\tau + T + 2 \cdot 10^7)^{-0,2}), \quad (2)$$

где $N_{\text{ост}}$ – остаточное энерговыделение, Вт;

N – средняя мощность ТВС за время работы в активной зоне, Вт;

τ – время выдержки ТВС после облучения в реакторе, с;

T – время работы ТВС в активной зоне.

На исследовательском реакторе ИВВ-2М, расположенном в АО «ИРМ», для расчета мощности остаточного тепловыделения используется формула Унтермайера – Уэллса (2), позволяющая в большей мере учитывать вклад распада U-235 и Pu-239 в остаточное тепловыделение, в связи с этим мы воспользовались данной зависимостью для оценки мощности тепловыделения.

В нашей работе эксперимент планируется провести для макета одной ОТВС, соответственно оценочная мощность остаточного тепловыделения соответствует одной ОТВС, выгруженной в ШХ.

Следующим этапом исследования было определение наиболее подходящего легкокипящего теплоносителя для предложенной СПОТ. Рассматриваемые теплоносители представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Легкокипящие теплоносители

Теплоноситель	Температура кипения, °С
Вода под разряжением ($P_n = 32$ кПа)	70
Вода под разряжением ($P_n = 25,76$ кПа)	65
Вода под разряжением ($P_n = 20$ кПа)	60
Ацетон	56,1
Этиловый спирт	78,39

Выбор был сделан в пользу воды под разряжением ($P_n = 20$ кПа) в связи с наилучшими теплофизическими параметрами, а также оценкой мощности остаточного тепловыделения ОТВС, которую нужно отвести системой $N = 30$ кВт. Использование воды в качестве теплоносителя при случае разгерметизации СПОТ не повлияет на химический состав воды ШХ.

После выбора теплоносителя был проведен расчет предполагаемого коэффициента теплоотдачи в экспериментальной установке. В литературе предлагается много эмпирических зависимостей для расчета теплоотдачи при кипении. В основном выделяют пузырьковый и пленочный режим кипения в большом объеме, а также кипение при вынужденном движении жидкости в канале. В условиях рассматриваемой конструкции происходит кипение в кольцевом канале при свободной конвекции. Зависимость, точно применимую для нашего эксперимента, найти не удалось, поэтому было рассмотрено несколько расчетных зависимостей коэффициента теплоотдачи.

Коэффициент теплоотдачи рассчитывался для мощности остаточного тепловыделения $N = 30$ кВт.

Расчетные зависимости, используемые при определении коэффициента теплоотдачи:

1. Средний коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме [3, с. 107]:

$$\alpha = 38,7 \cdot \Delta t^{2,33} \cdot p_n^{0,5}.$$

2. Значение коэффициента теплоотдачи при кипении в большом объеме для воды [4, с. 129]:

$$\alpha = \frac{3,4 \cdot p_s^{0,18}}{1 - 0,045 \cdot p_s} \cdot q^{\frac{2}{3}}.$$

3. Эмпирическая формула для расчета коэффициента теплоотдачи при развитом поверхностном кипении в узких кольцевых каналах [5, с. 58]:

$$\alpha = q^{0,7} \cdot p^{0,87} \cdot d_1^{-0,35} \cdot d_3^{-0,65}.$$

4. Зависимость для коэффициента теплоотдачи выведенная из экспериментальных данных кипения воды в канале с помощью критериев подобия [6, с. 272]:

$$\alpha = 0,04 \frac{\lambda^{0,8} \cdot \rho_1^{0,333} \cdot (\rho_2 \cdot r)^{0,033} \cdot q^{0,7}}{\mu^{0,5} \cdot \sigma^{0,333} \cdot (\rho_1 - \rho_2)^{0,333} \cdot T^{0,37} \cdot c^{0,17}}.$$

5. В статье [7] приведено экспериментальное исследование теплофизических процессов при кипении в кольцевом канале. Представлены графики зависимости температуры от высоты канала, коэффициента теплоотдачи для различных тепловых потоков по высоте и др. Используя приведенные данные, определили коэффициент теплоотдачи для мощности теплового потока ($N = 30$ кВт), рассматриваемого в нашем исследовании.

Результаты и обсуждения

На рис. 2 представлены полученные значения коэффициента теплоотдачи при кипении для выбранных методик расчета и анализа:

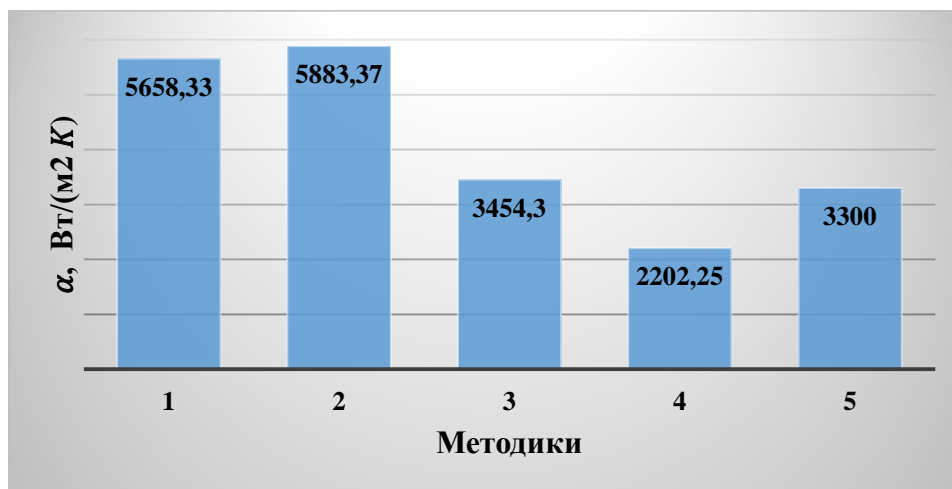


Рис. 2. Значения коэффициентов теплоотдачи, Вт/(м²·К)

Полученные результаты расчетов показывают широкий диапазон расхождения коэффициента теплоотдачи – $(\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) / \alpha_{\min} = 157\%$. Поскольку расхождение столь значительно, точно утверждать о выборе методики мы не можем, для определения окончательной зависимости и корректировки полученных данных планируется провести экспериментальное исследование.

На данный момент ведется сооружение экспериментальной установки для проверки ее работоспособности и определения теплофизических параметров [8; 9; 10].

Список литературы:

1. Патент № 2608794 Российская Федерация, МПК F28D 15/00 (2006.01), Кольцевой регулируемый термосифон: № 2015122705: заявл. 11.06.2015: опубл. 24.01.2017 / Щеклеин С. Е., Попов А. И. – 9 с. – Текст: непосредственный.
2. Овчинников, Ф. Я. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов / Ф. Я. Овчинников, В. В. Семёнов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 359 с. – Текст: непосредственный.

3. Бухмиров, В. В. Справочные материалы для решения задач по курсу «Тепломассообмен» / В. В. Бухмиров, Д. В. Ракутина. – Иваново: ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина», 2017. – 120 с. – Текст: непосредственный.

4. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева – М.: Энергия, 1977. – 344 с. – Текст: непосредственный.

5. Рассохин, Н. Г. Теплоотдача при поверхностном кипении в узких кольцевых каналах / Н. Г. Рассохин, Цан-Вень Ма, В. Н. Мельников // Теплоэнергетика. – 1963. – № 5. – Текст: непосредственный.

6. Кружилин, Г. Н. Охлаждение водо-водяных реакторов: труды второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии; / Кружилин Г. Н., Субботин В. И. – М., 1959. – С. 134-153. – Текст: непосредственный.

7. Usmani M. Khalid, Siddiqui Altamush M., Alam S. S., Jairajpuri A. M., Kamil M. Heat transfer studies during natural convection boiling in an internally heated annulus // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2003. No. 46.

8. Глухов, С. М. Моделирование системы пассивного отвода тепла от шахты-хранилища исследовательского ядерного реактора ИВВ-2М при помощи термосифонов / Физика. Технологии. Инновации: сборник материалов VIII Международной молодежной научной конференции / С. М. Глухов, В. А. Климова, О. Л. Ташлыков, Д. Е. Шумков, А. Д. Лёзов – Текст: непосредственный // Екатеринбург: УрФУ, 2021. – С. 919-920.

9. Kurteev A. V., Klimova V. A., Sevastyanov M. M., Tashlykov O. L. Numerical simulation of residual heat removal from the spent fuel assemblies storage pit // AIP Conference Proceedings 2174(1): 020170. 2019.

10. Shumkov D. E., Tashlykov O. L. Development of a passive removal heat system for the storage pit of IVV-2M research nuclear reactor // AIP Conference Proceedings 2313, 070005. 2020.

© Глухов С. М., Ширманов И. А., Ташлыков О. Л., 2022

РОЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Студент **Ценян Алеся Александровна**,
Магистрант **Макаревич Виктор Дмитриевич**,
Старший преподаватель **Романенко Виктория Владимировна**,
Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрена значимость применения автоматизированных систем в производственном процессе организаций путевого хозяйства Белорусской железной дороги. Железнодорожный путь – объект, меняющий свои свойства и параметры с течением времени и под влиянием на него различных внешних факторов, поэтому обладание оперативной информацией о происходящих изменениях является первостепенной задачей в обеспечении надежности движения поездов.

Ключевые слова: автоматизация, диагностическое средство, аналитическое приложение, надежность, состояние, прогнозирование.

THE ROLE OF AUTOMATED ANALYTICAL APPLICATIONS IN ENSURING THE RELIABILITY OF THE RAILWAY TRACK

Student **Tsenyan Alesya Aleksandrovna**,
Master Student **Makarevich Viktor Dmitrievich**,
Senior Lecturer **Romanenko Victoria Vladimirovna**,
Belarusian State University of Transport,
Gomel, Republic of Belarus

Abstract. The article considers the importance of the use of automated systems in the production process of organizations of the track management of the Belarusian railway. A railway track is an object that changes its properties and parameters over time and under the influence of various external factors on it, therefore, having operational information about the changes taking place is a primary task in ensuring the reliability of train traffic.

Keywords: automation, diagnostic tool, analytical application, reliability, condition, forecasting.

Автоматизация решения прикладных задач на железнодорожном транспорте при осуществлении производственной деятельности организаций

путевого хозяйства (дистанция пути) на современном этапе является одним из самых актуальных направлений поддержки высокого уровня надежности железнодорожного пути. Железнодорожный путь является объектом с большим количеством параметров, подлежащих регламентированию, обеспечение которых обязательно для обеспечения безопасного пропуска поездов [1, с. 123].

С целью обеспечения контроля и мониторинга состояния железнодорожного пути, планирования работ по текущему содержанию (ТСП) и всех видах ремонта пути, путевых устройств и искусственных сооружений, а также для контроля за соответствием элементов верхнего строения пути, стрелочных переводов требованиям действующих руководящих документов на Белорусской железной дороге (БЖД) создан Центр диагностики объектов инфраструктуры (ЦДИ) [2, с. 3]. Целью деятельности ЦДИ является технический мониторинг железнодорожного пути с применением мобильных диагностических средств и с автоматизированной постобработкой полученных исходных данных. В связи с вводом в эксплуатацию на БЖД автоматизированных средств диагностики процесс получения информации проходит следующие этапы:

- измерение геометрических параметров рельсовой колеи;
- обработка согласно выбранному аналитическому приложению;
- экспресс-расшифровка регистрируемых параметров;
- анализ полученного материала, преобразованного в виде различных показателей аналитическими приложениями;
- передача в организацию, осуществляющую контроль за объектом;
- полная расшифровка;
- при необходимости назначение мероприятий для устранения неисправностей.

Перечисленные выше действия, практически в полном объеме, выполняются автоматизированно посредством автоматизированной системы комплексной системы диагностики объектов инфраструктуры АСКД-И «ЭКСПЕРТ». Автоматизация обработки информации обеспечивает возможность проведения экспресс-расшифровки, что дает возможность оперативно влиять на ситуацию в экстренных случаях. Экспресс-расшифровка – это предварительный анализ регистрируемых отступлений, требующих ограничения скорости или закрытия движения поездов еще в ходе самой проверки, поэтому его актуальность в условиях постоянно изменяющихся параметров пути очевидна.

Жизненный цикл железнодорожного пути как любого из объектов предполагает различные стадии, которые сменяются с течением времени и из-за накопления остаточных деформаций. Для оценки уровня безопасности пропуска поездов согласно [3, с. 4] определяют следующие состояния: исправное (И), работоспособное (Р), частично работоспособное (ЧР), предотказное (П), неработоспособное (Н).

Неработоспособное – это состояние, которое не допускается в процессе эксплуатации пути, так как оно напрямую угрожает безопасности движения поездов. Остальные, кроме исправного, в той либо иной мере снижают уровень надежности пути, но не прекращают движения. С учетом этого, только оперативная информация позволит своевременно оценить состояние пути, поэтому АСКД-И «ЭКСПЕРТ» – единственная возможность в положенный срок принять предупреждающие меры дальнейшего ухудшения выявленной ситуации.

Проверки и контроль геометрии рельсовой колеи (РК) с применением ручных измерительных приборов не дает такого многообразия значимых аргументов, ввиду необходимости анализировать очень большой объем измеренных данных и произвести сложные математические вычисления, которые самостоятельно, без специальных приложений выполнить затруднительно.

Так, например, аналитическим приложением к АСКД-И «Программа расчета предотказного состояния рельсовой колеи» ПРГК степень расстройтва характеризуется индекс предотказного состояния $ind_{пред}^{геом}$, который определяется по результатам статистической обработки геометрических параметров РК, их сигнальные файлы используются в качестве исходных данных. Математически $ind_{пред}^{геом}$ представляют собой функцию

$$ind_{пред}^{геом} = f(ind_{пред}^{ур}; ind_{пред}^{пл}; ind_{пред}^{пр}). \quad (1)$$

Компонентами этой функции являются индексы предотказного состояния, рассчитанные по геометрическим параметрам РК и характеризующие ее по трем осям: по уровню, в плане и в профиле соответственно. Каждый из индексов в свою очередь определяется с учетом различных внешних факторов, регистрацию которых можно выразить через два коэффициента: коэффициент предотказного состояния геометрии рельсовой колеи $K_{пред}^{геом}$ и коэффициент ослабления рельсовых скреплений $K_{пред}^{скр}$. Оба ранжируются в зависимости от класса пути, а значит, от установленных скоростей движения поездов и грузонапряженности на участке [4, с. 5].

Прогнозирование дальнейшего ухудшения состояния рельсовой колеи на выбранном участке происходит на основании $K_{пред}^{геом}$ и/или $K_{пред}^{скр}$, уже полученных на протяжении некоторого времени (минимум три отчетных периода). Расчет представляет собой аппроксимацию средней линии графика индекса предотказного состояния на любой временной период прогноза. При этом из обработки по специальному алгоритму исключаются данные, предшествующие последнему проведенному виду ремонта пути на этом участке, так как информация по ним считается уже неактуальной.

Далее на основании полученных данных формируется матрица ранжирования, из анализа которой можно будет судить о потенциальных состояниях участков пути, в которых они окажутся через выбранный интервал времени. Матрица предназначена для ранжирования участков пути в соответствии с классом пути и распределением их по матрице рисков. Подобные отчетные документы составляются для каждой дистанции пути. Так, например, для Минской дистанции пути БЖД на основании матрицы ранжирования сформирована ведомость участков пути с нарушением в содержании рельсовых скреплений, анализ которой представлен на рис. 1.

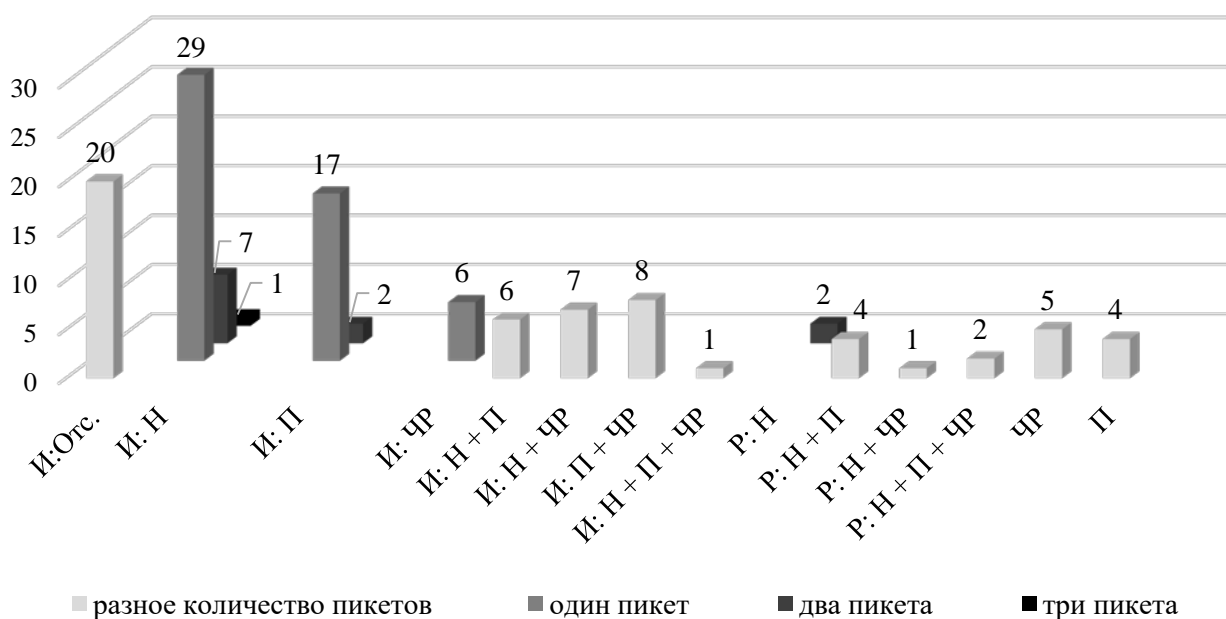


Рис. 1. Распределение пикетов, согласно ПГРК, имеют исправное (И), работоспособное (Р), частично работоспособное (ЧР) и предотказное состояния

Согласно ведомости состояния ЧР и П выявлены на пяти и четырех километрах соответственно. предотказное состояние характеризуется наличием отступлений от норм содержания пути, которое вызывает уменьшение установленной скорости движения поездов. неработоспособное, как правило, вызывает прекращение движения до принятия необходимых мер, километров с участками Н не выявлено.

Так как от состояния участка при обнаружении П и Н напрямую зависит безопасность движения поездов, то своевременное обнаружение таких участков приобретает для ТСП первостепенный характер. Данное обстоятельство свидетельствует о ценности оперативной информации, которую можно получить только с применением автоматизированных аналитических приложений.

Также приложением установлено, что 104 и 9 километра хоть и имеют состояние И и Р соответственно, но имеют пикеты (100 м), оцененные как Н, П и ЧР, причем в пределах одного километра состояние Н зафиксировано как один

раз (И: Н = 29 и И: Р = 0), так и два (И: Н = 7 и И: Р = 2) и более (И: Н = 1 и И: Р = 0), аналогично И: П и И: ЧР (Рисунок 1). Также имеются пикеты с наличием разных вариантов. Сложившаяся ситуация может говорить о том, что переход состояния из И в ЧР, П либо Н возможен в ближайшее время. Основная задача ТСП заключается именно в предупреждении неисправностей, снижающих надежность пути, поэтому автоматизация мониторинга в этом случае является практически единственным способом своевременного реагирования на изменения геометрических параметров РК.

Список литературы:

1. Романенко, В. В. Деформирование криволинейных участков железнодорожного участков железнодорожного пути под воздействием подвижного состава / В. В. Романенко, А. Б. Невзорова. – Текст: непосредственный // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13 (13). – С. 122–127.

2. Положение о Центре диагностики инфраструктуры государственного объединения «Белорусская железная дорога»: официальное издание: утверждена приказом от 12.09.2017 № 262 Н: введена в действие 12.09.20217. – Минск, 2017. – 8 с. – Текст: непосредственный.

3. Методика по расчету, оценке и прогнозу предотказного состояния рельсовой колеи: утверждена приказом от 27.05.2019 № 473 НЗ: введена в действие 03.06.2019. – Минск, 2019. – 18 с. – Текст: непосредственный.

4. СТП 56.388-2018. Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги: стандарт организации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом зам. нач. Бел. ж. д. от 17.12.2018 № 1072 НЗ: введен впервые: дата введения 2019-01-01. – Минск: БЖД. 2019. – 33 с. – Текст: непосредственный.

© Ценян А. А., Макаревич В. Д., Романенко В. В., 2022

МОДЕЛЬ ГИРОВЕРТИКАЛИ В ПРОГРАММЕ MATLAB

Студент **Шилин Дмитрий Андреевич**,
Канд. техн. наук, доцент **Кривошеев Сергей Валентинович**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе была промоделирована в MatLab (Simulink) реальная модель гировертикали (ГВ) при заданных параметрах движения. Т. е. все рассмотренные варианты приведены с параметрами и рассчитанными коэффициентами.

Ключевые слова: ускорение, гироверткаль, прецессионные уравнения, коррекция, момент, погрешность.

GYROVERTICAL MODEL IN MATLAB PROGRAM

Student **Shilin Dmitry Andreevich**,
PhD in Technology, Associate Professor **Krivosheev Sergey Valentinovich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. In this paper, a real gyrovertical (GV) model was modeled in MatLab (Simulink) with the specified motion parameters. I.e., all the considered options with the parameters and calculated coefficients are given.

Keywords: acceleration, gyrovertical, precessional, correction, moment, error.

В модели программы используется система уравнений гировертикали:

$$\begin{cases} \dot{\beta} = \frac{1}{H} [-k_1 f_1(\beta + \beta_{ЛВ}) + H(\Omega_v + U_2) + H\omega_B \alpha - Mdx] \\ \dot{\alpha} = -\frac{1}{H} [k_2 f_2(\alpha + \alpha_{ЛВ}) + HU_1 + H\omega_B \beta - Mdz] \end{cases} \quad (1)$$

Ниже представлены листинг программы и модель в программе Matlab (Simulink) (рис. 1), в которых происходит моделирование прецессионных уравнений движения гировертикали:

% исходные данные

H=4000; % кинетический момент гироскопа [Нмс]

g=9.8; % ускорение свободного падения [м/с^2]

dV=0.1*g;

Fi=30/57.3; % угол [рад]

V=1000/3.6; % скорость [м/с]

Am=12/60/57.3; [угл. мин.]

$V_m=12/60/57.3$; [угл. мин.]

$A_y=A_m/2$; % статические погрешности

$V_y=V_m/2$; % статические погрешности

$M_{dx}=0.8$; % моменты трения в подшипниках оси x относительно рамки карданова подвеса [Н*м]

$M_{dz}=0.5$; % моменты трения в подшипниках оси z относительно рамки карданова подвеса [Н*м]

$R=6.371*10^6$; % радиус земли [м]

$U=7.29*10^{-5}$; % угловая скорость вращения земли [1/с]

$U_g=U*\cos(F_i)$; % горизонтальная составляющая скорости земли

$\Psi_0=30/57.3$; % угол [рад]

$W_B=1/57.3$; % $W_B=0$; % угловая скорость виража [рад/с]

$W_v=V/R$; % Угловая скорость от облета земли

$U_{1m}=U*\cos(F_i)$; % горизонтальные составляющие угловой скорости вращения земли

$U_{2m}=U*\cos(F_i)$; % горизонтальные составляющие угловой скорости вращения земли

$k_1=(H/V_y)*(W_v+U_{2m}+(M_{dx}/H))$ % коэффициент, зависящий от параметров датчика

$k_2=(H/A_y)*((M_{dz}/H)+U_{1m})$ % коэффициент, зависящий от параметров датчика

$T_{k1}=H/k_1$; % Постоянные времени цепей коррекции

$T_{k2}=H/k_2$; % Постоянные времени цепей коррекции

$B_{lv}=\text{atan}(dV/g)$ % $B_{lv}=0$; % угол ложной вертикали

$A_{lv}=\text{atan}((V*W_B)/g)$ % $A_{lv}=0$; % угол ложной вертикали

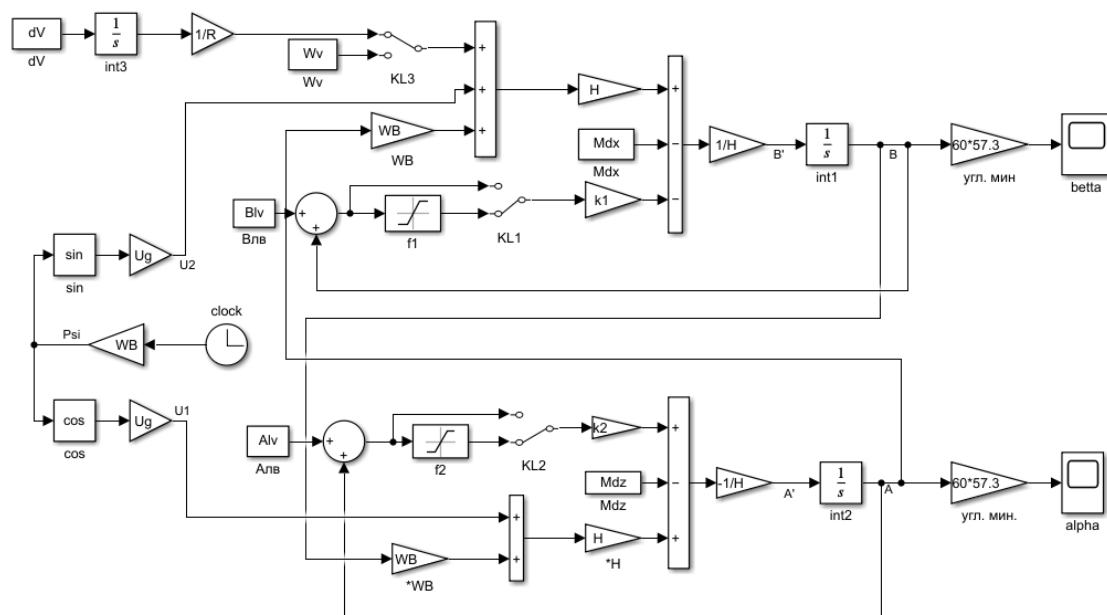


Рис. 1. Модель гировертикали в программе Matlab (Simulink)

Ниже представлено 4 случая работы данной системы:

1. Прямолинейный полет с отсутствием виража и ускорения
 $dV = 0; \omega_B = 0$ (рис. 1, рис. 2).
2. Прямолинейный полет с виражом и без ускорения
 $dV = 0; \omega_B \neq 0$ (рис. 3, рис. 4).
3. Прямолинейный полет без виража и с ускорением
 $dV \neq 0; \omega_B = 0$ (рис. 5, рис. 6).
4. Прямолинейный полет с виражом и с ускорением
 $dV \neq 0; \omega_B \neq 0$ (рис. 7, рис. 8).
5. Исследование влияния величины угловой скорости виража $\omega_B = 2\%/сек$, когда модуль путевой скорости постоянен (рис. 9, рис. 10).

По полученным прецессионным уравнениям была составлена модель ГВ в программе Matlab (Simulink), описывающая поведение ГВ в горизонтальном полете при различном маневрировании.

В данной работе рассмотрены разные случаи маневрирования: в режиме прямолинейного полета без виража и ускорения, в режиме прямолинейного полета с виражом и без ускорения и прямолинейный полет без виража и с ускорением. Была определена зависимость угла от угловой скорости виража.

1. Прямолинейное ускоренное движение с постоянным модулем путевой скорости и отсутствием угловой скорости.

Установившиеся значение определяется моментами дрейфа, проекции угловых скоростей от вращения и облета земли, а также крутизной контуров коррекции, которые в данном случае работают в линейной зоне.

2. Движение в плоскости горизонта, представляющее разворот с угловой скоростью, когда модуль путевой скорости постоянен.

При длительном вираже среднее значение по углу $\alpha = 25$ угл. мин., а по углу $\beta = 45$ угл. мин. Относительно этих значений происходят колебания с амплитудами $\alpha_M = 13$ и периодом $T = 170$

3. Движение в плоскости горизонта, представляющее разворот без угловой скорости ω_B , когда модуль путевой скорости не постоянен.

Установившиеся значение определяется моментами дрейфа, проекции угловых скоростей от вращения и облета земли, а также крутизной контуров коррекции, которые в данном случае работают в линейной зоне.

4. Движение в плоскости горизонта, представляющее разворот с угловой скоростью, когда модуль путевой скорости не постоянен.

При длительном вираже среднее значение по углу $\alpha = 70$ угл. мин., а по углу $\beta = 20$ угл. мин. Относительно этих значений происходят колебания с амплитудами $\alpha_M = 73$ и периодом $T = 100$.

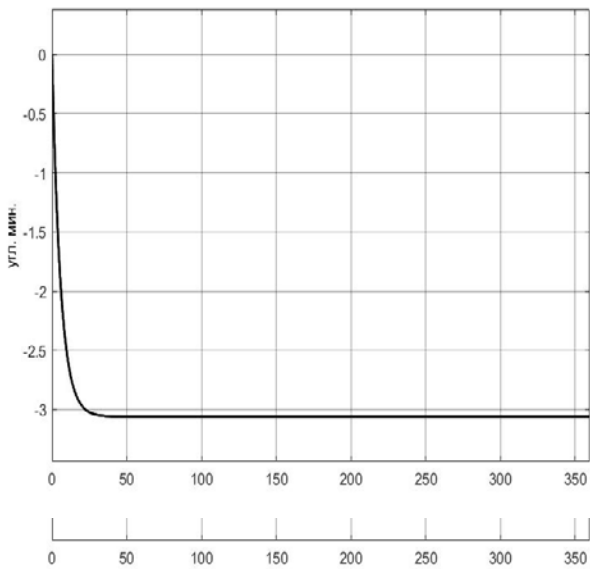


Рис. 2. График изменения угла β

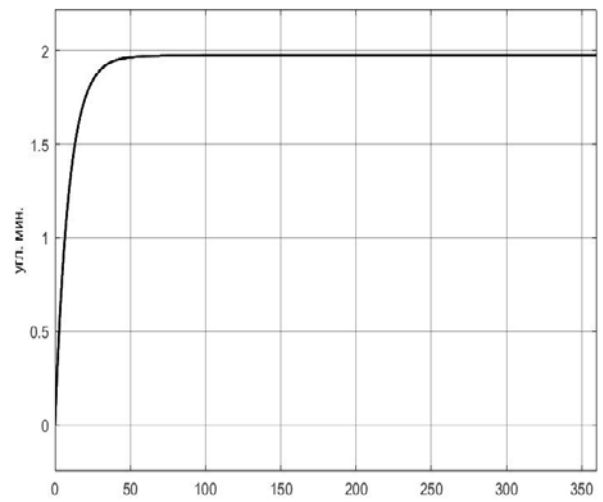


Рис. 3. График изменения угла α

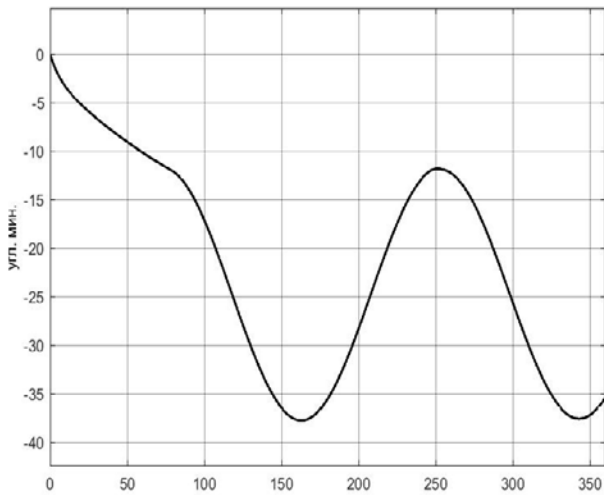


Рис. 4. График изменения угла β

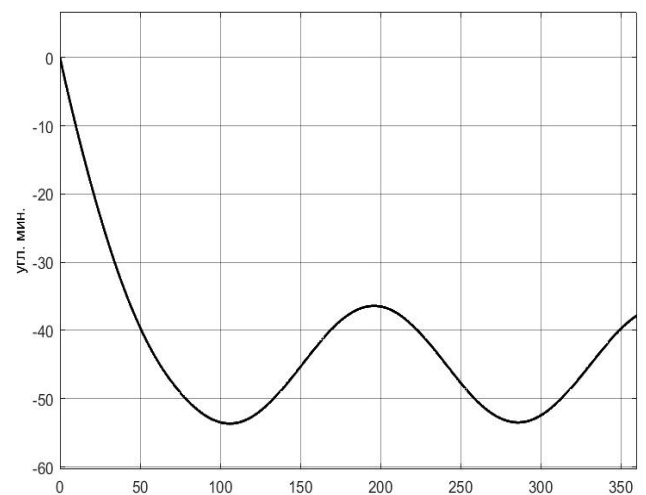


Рис. 5. График изменения угла α

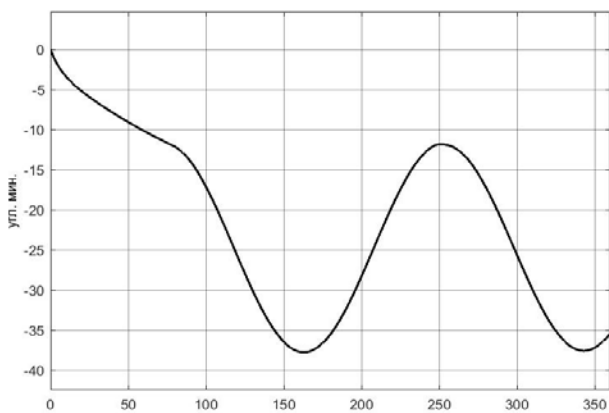


Рис. 6. График изменения угла β

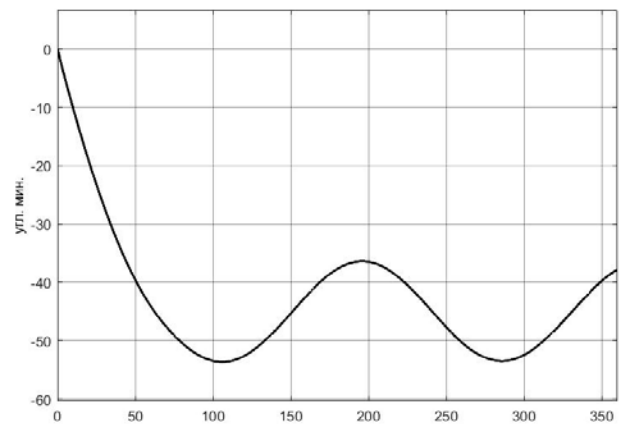


Рис. 7. График изменения угла α

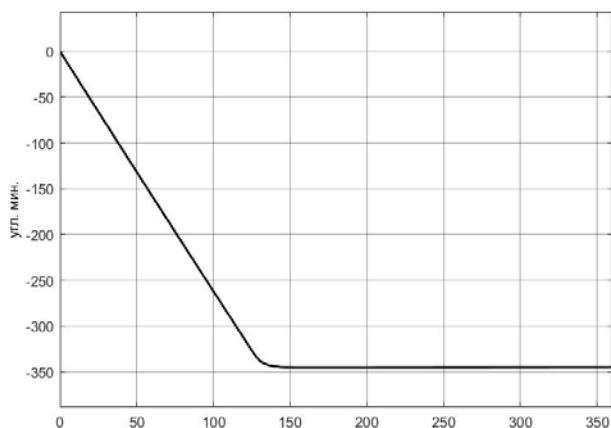


Рис. 8. График изменения угла β

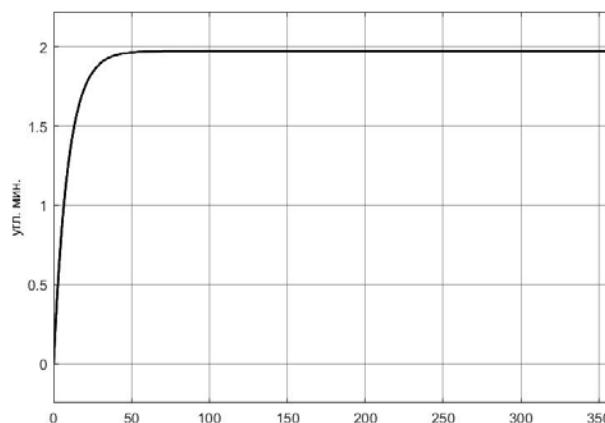


Рис. 9. График изменения угла α

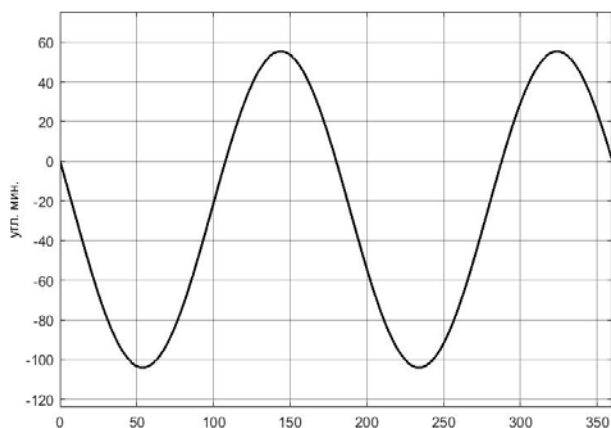


Рис. 10. График изменения угла β

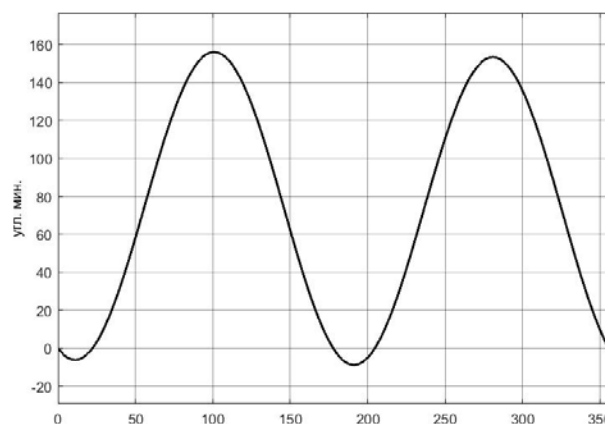


Рис. 11. График изменения угла α

5. Прямолинейное ускоренное движение с постоянным модулем путевой скорости и отсутствием угловой скорости с постепенным увеличением повышения угловой скорости.

Список литературы:

1. Михайлов, О. И. Авиационные приборы / О. И. Михайлов, И. М. Козлов, Ф. С. Гергель. – М.: «Машиностроение», 1977. – 416 с. – Текст: непосредственный.
2. Пельпор, Д. С. Гирскопические системы: учеб. для вузов по спец. «Гирскоп. приборы и устройства»: В 3 ч. Ч. 1. Теория гироскопов гиростабилизаторов / Д. С. Пельпор. - 2-е изд., перераб. и доп. - 1986. – 422. – Текст: непосредственный.
3. Данилин, В. П. Гирскопические приборы / В. П. Данилин - М.: Высш. Школа. – 1965. – 538 с. – Текст: непосредственный.
4. Виноградов, Г. М. Динамические настраиваемые гироскопы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений/ Г. М. Виноградов, С. В. Кривошеев. – Казань: Изд-во Казанского гос. технического ун-та. - 2008. – 127 с. – Текст: непосредственный.

ВЛИЯНИЕ БИОСУРФАКТАНТОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ

Студент **Цыплюк Виктория Александровна**,
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается механизм влияния определенных видов биосурфактантов, производимых микроорганизмами, на образование газовых гидратов, которые имеют огромное значение для энергетической промышленности. По результатам анализа выбираются наиболее эффективные биосурфактанты.

Ключевые слова: биосурфактанты, газовые гидраты, гидратообразование, сурфактин, рамнолипид.

IMPACT OF BIOSURFACTANTS ON THE FORMATION OF GAS HYDRATES

Student **Cyplyuk Viktoriya Aleksandrovna**,
Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation

Abstract. The paper considers the mechanism of impact of certain types of biosurfactants produced by microorganisms on the formation of gas hydrates, which are of great importance for the energy industry. Based on the results of the analysis, the most effective biosurfactants are selected.

Keywords: biosurfactants, gas hydrates, hydrate formation, surfactin, rhamnolipid.

Газовые гидраты представляют собой форму нестехиометрических кристаллов, в которых молекулы воды образуют основную решетку посредством водородных связей, а гостевые газы удерживаются в основной решетке за счет межмолекулярных сил. Газогидратам уделяется особое внимание из-за их многообещающего применения в разных областях промышленности, например, в качестве альтернативных источников энергии, при хранении и транспортировке природного газа, улавливании и секвестрации CO₂, разделении газов и энергии холода. Уникальные свойства газогидратов в различных условиях температуры и давления имеют многочисленные практические применения в науке и технике, а также влияют на природные циклы Земли. Одним из примеров таких естественных циклов является повсеместная утечка метана из природных резервуаров во время потепления климата в истории Земли

и возникающие в результате этого изменения в химическом составе океана, которые могли быть связаны с выбросами метана. Возможность контролировать свойства газогидратов с использованием различных методов и добавок имеет большое значение для многих промышленных процессов, особенно в отношении снижения затрат и управления кинетикой образования/диссоциации для обеспечения максимальной применимости газогидратных технологий [1, с. 29].

Среди всех возобновляемых (солнечная, ветровая, волновая, ядерная, гидро-, геотермальная, биотехнологическая и т. д.) и нетрадиционных (газсланцевый, угольный метан, бассейновый газ, плотный газовый сланец, газовые гидраты и т. д.) энергоресурсов газовые гидраты считаются одним из наиболее подходящих кандидатов на более чистые источники энергии в этом столетии.

Существуют определенные технологические применения газовых гидратов, которые требуют быстрой кинетики гидратообразования и разложения. Являясь постепенным и трудоемким, процесс образования гидратов может быть многократно ускорен путем введения в систему определенных добавок, известных как поверхностно-активные вещества. Различные механизмы, с помощью которых эти поверхностно-активные вещества могут усиливать кинетику образования гидратов, широко обсуждались в литературе. Кинетические промоторы могут улучшить скорость образования гидратов при очень малых дозах и не влияют на емкость хранения газа. Поверхностно-активные вещества, которые используются в качестве кинетических промоторов образования гидратов, обычно имеют синтетическую природу, например, в их числе додецилсульфат натрия. Также используются активированный уголь, пористый кремнезем, металлические наночастицы, графен, углеродные нанотрубки, стеклянные шарики, песчинки и сухая вода. Хотя использование таких добавок оказалось очень полезным для образования гидратов газа, существует большая проблема в отношении токсичности этих соединений и способа их утилизации. Это приводит к необходимости поиска более безопасных добавок с низким уровнем токсичности и не представляющих серьезной или иной угрозы для окружающей среды. Например, секвестрация CO_2 в океане в виде гидратов CO_2 рассматривается как эффективный способ снижения содержания CO_2 в атмосфере. Если гидраты CO_2 , секвестрированные в океанских отложениях, образуются с использованием синтетических поверхностно-активных веществ, обладающих хронической токсичностью, экологическая среда океана испытает резкое неблагоприятное воздействие, как только эти активаторы попадут в океан.

Механизм образования газогидратов показан на рис. 1 [2, с. 516].

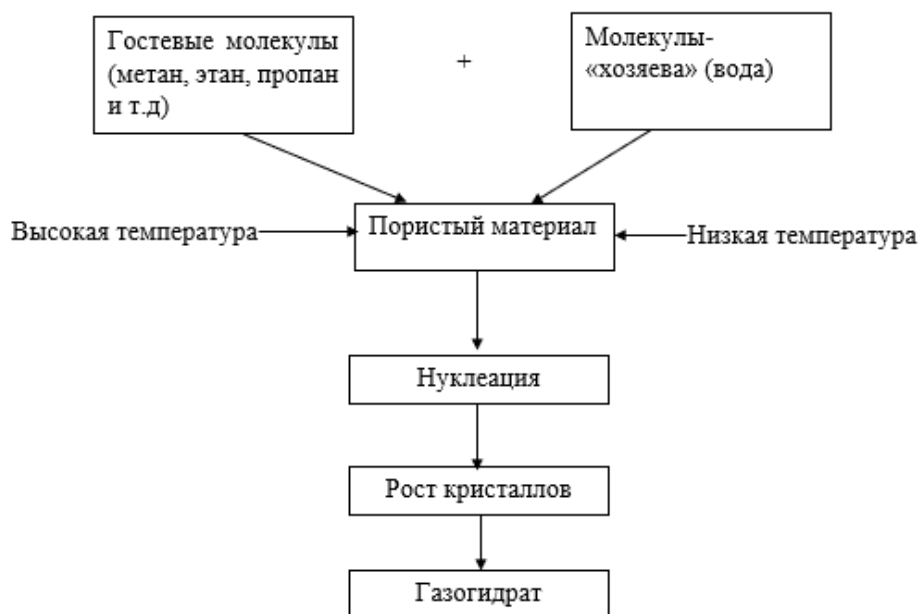


Рис. 1. Механизм формирования газогидратов

Биосурфактанты, поверхностно-активные вещества биологического происхождения, являются одним из таких классов соединений, которые идеально соответствуют требуемым критериям эффективности и безопасности, поскольку они имеют биологическое происхождение и являются, по сути, экологически чистыми добавками. Чрезвычайная устойчивость биосурфактантов (стабильность в экстремальных условиях температуры, солености и pH) делает исследование этих соединений в качестве стимуляторов кинетического гидратообразования еще более целесообразным. Биосурфактанты можно рассматривать как перспективные промотеры вместо традиционных синтетических промотеров для применения в гидратной технологии [3, с. 480].

Впервые было доказано, что сурфактин, продуцируемый *Bacillus subtilis*, и рамнолипид, продуцируемый *Pseudomonas aeruginosa*, способствуют образованию гидратов природного газа в песке/глине, насыщенных морской водой, в которых скорость гидратообразования увеличилась на 96–288%, а время индукции уменьшилось на 20–71%. Рамнолипид использовали в качестве сопромотера в слое силикагеля С-типа для стимуляции образования гидрата CH_4 . В результате скорость образования гидрата увеличилась на 42,97%, а время индукции уменьшилось на 22,63% по сравнению со слоем силикагеля С-типа с насыщением чистой водой. Биосурфактанты также продемонстрировали сопоставимость с додецилсульфатом натрия. Согласно исследованию [4, с. 158], для 200 ppm сурфактина, рамнолипида и водного раствора додецилсульфата натрия скорость превращения CH_4 в гидрат составляла 42,7, 47,3 и 33,3%, а время индукции составляло около 0,21, 0,23 и 1,13 часа соответственно [5, с. 300].

Влияние биосурфактантов на время и скорость образования газовых кристаллов показано на рис. 2 и 3 соответственно [6, с. 975].

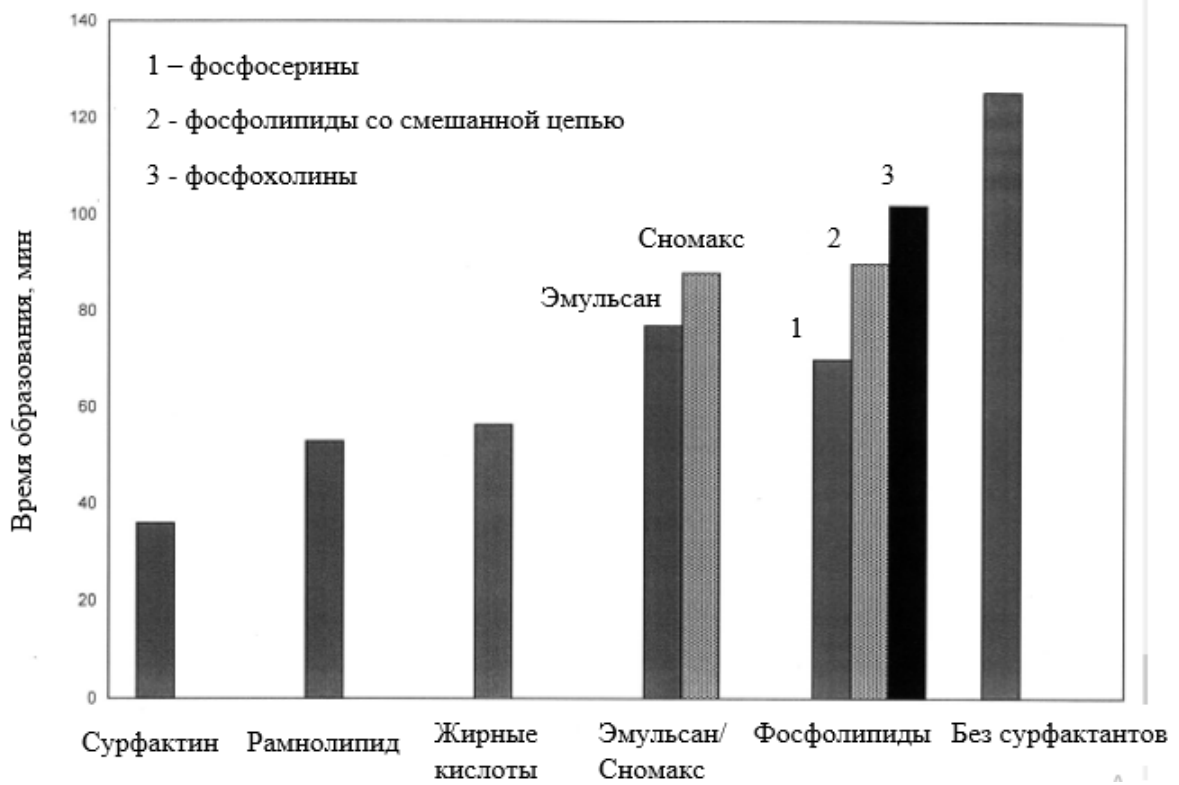


Рис. 2. Влияние биосурфактантов на время образования газогидратов

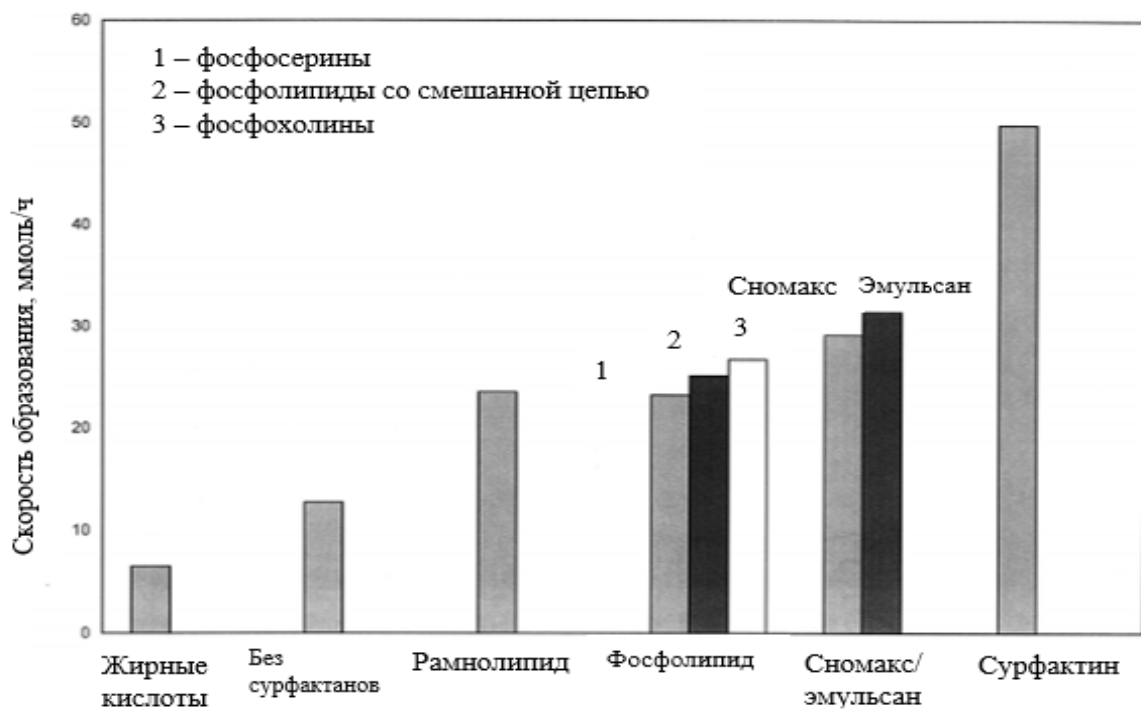


Рис. 3. Влияние биосурфактантов на скорость образования газогидратов

Таблица 1 – Влияние различных биосурфактантов на формирование газовых гидратов [7, с. 5]

Микроорганизм	Продуцируемый биосурфактант	Время образования, мин	Увеличение скорости образования гидратов, %	Уменьшение времени образования гидратов, %
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Рамнолипид	53	96-107	58
<i>Bacillus subtilis</i>	Сурфактин	35	288	71
<i>Thiobacillus species</i>	Фосфолипид	Фосфосерин	96-107	47
<i>Corynebacterium species</i>		Фосфолипиды со смешанной цепью		28
		Фосфохолины		20
<i>Pseudomonas syringae</i>	Сномакс	87	135	30
<i>Corynebacterium lepus</i>	DL-А-гидроксистеариновая кислота	56	49	58
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Эмульсан	75	135	40

И сурфактин, и рамнолипид относятся к анионным поверхностно-активным веществам. Молекулы сурфактина и рамнолипидов могут адсорбироваться на поверхности гидратных частиц с образованием рыхлой гидратной структуры и усиливать действие, обусловленное капиллярностью. Рамнолипид проявляет лучший стимулирующий эффект по сравнению с сурфактином. Это может быть связано с различием в молекулярной структуре. Анионные группы в молекулах сурфактина и рамнолипида являются азотсвязывающими и карбоксилатными соответственно, при этом рамнолипид имеет больше хвостов, чем сурфактин, что способствует усилению адсорбции молекул рамнолипидов на поверхности гидратных части. Доказано, что рамнолипид с концентрацией не менее 0,5 мас. % образует хорошо диспергированную морфологию гидрата CH_4 в системе масло–вода, обладающую антиагломерационной функцией. Кроме того, сурфактин и рамнолипид также могут усиливать массоперенос между газовой и жидкой фазами [2, с. 518].

В таблице 1 представлена информация о влиянии разных биосурфактантов на формирование газовых гидратов.

Как видно из приведенной выше таблицы 1, биосурфактанты увеличивают скорость образования гидратов и уменьшают время образования гидратов. Сурфактин увеличил скорость образования гидратов на 288 %, что является самым высоким показателем среди всех биосурфактантов. Максимальное снижение скорости образования гидратов было также обеспечено сурфактином.

DL-А-гидроксистеариновая кислота является единственным биосурфактантом, который не увеличивает, а снижает скорость образования гидратов. Это может быть связано с тем, что раствор жирной кислоты должен был покрыть смачиваемую пористую поверхность раздела газ-среда, что могло привести к низкой проницаемости для диффузии газа и, следовательно, привело к снижению скорости образования гидратов.

Список литературы:

1. Hassanpouryouzband A., Joonaki E., Vasheghani F. Gas hydrates in sustainable chemistry // Chemical Society Reviews. 2020. Vol. 22. No. 10. 85 p.
2. Yong-Tao Z., Fu-Lin C., Shi-Jie Y., Fei W. Biopromoters for Gas Hydrate Formation: A Mini Review of Current Status // Frontiers in Chemistry. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 514-520.
3. Ohgaki K., Takano K., Sangawa H., Matsubara T., Nakano S. Methane exploitation by carbon dioxide from gas hydrates. Phase equilibria for CO₂CH₄ mixed hydrate system // J Chem Eng. Jpn. 1996. Vol. 29. No. 6. pp. 478-483.
4. Jadav S., Sakthipriya N., Doble M., Sangwaia J. S. Effect of biosurfactants produced by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* on the formation kinetics of methane hydrates // J. Nat. Gas Sci. Eng. 2017. Vol. 43. No. 7. pp. 156-166.
5. Kosaric N. (2001) Biosurfactants and Their Application for Soil Bioremediation // Food Technology and Biotechnology. 2001. Vol. 39. No. 1. pp. 295-304.
6. Rogers R.E., Kothapalli C., Lee M.S., Woolsey J.R. Catalysis of Gas Hydrates by Biosurfactants in Seawater-Saturated Sand/Clay // The Canadian Journal of Chemical Engineering. 2003. Vol. 81. No. 5. pp. 973–980.
7. Amit A., Cameotra S. Effects of Biosurfactants on Gas Hydrates // Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology. 2014. Vol. 5. No. 4. pp. 1-7.

© Цыплюк В. А., 2022

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Lecturer **Vekilova Chemen Guychmyradovna**,
Turkmen National Institute of World Languages
named after Dovletmamed Azadi,
Ashgabat, Turkmenistan

Senior Lecturer **Soltanmyradov Guychmyrat Amanovich**,
PhD in History, Professor **Ovlyagulyyev Meretguly**,
Turkmen State Institute of Finance,
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. Active energy generation due to traditional hydrocarbon fuels has led to a sharp reduction in their reserves and at the same time to environmental pollution. All of this together required the search for alternative non-traditional approaches to energy use. wind power, heliopower, alternative hydropower, geothermal power, space energy, hydrogen energy, biofuels are considered to be renewable energy sources. The use of renewable energy sources reduces the pollution of the atmosphere and makes humankind less dependent on hydrocarbon fuel.

Keywords: renewable energy sources, hydrocarbon fuels, economy, ecology.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Преподаватель **Векилова Чемаен Гуйчмырадовна**,
Туркменский национальный институт мировых языков
имени Довлетмаммета Азади,
г. Ашхабад, Туркменистан

Старший преподаватель **Солтанмырадов Гуйчмырат Аманович**,
Кандидат исторических наук, профессор **Овлякулиев Меретгули**,
Туркменский государственный институт финансов,
г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Активное получение энергии за счет традиционных видов углеводородного топлива привело к резкому сокращению их запасов и одновременно к загрязнению окружающей среды. Все это вместе потребовало поиска альтернативных нетрадиционных подходов к использованию энергии. К возобновляемым источникам энергии относятся: ветроэнергетика, гелиоэнергетика, альтернативная гидроэнергетика, геотермальная энергетика, космическая энергетика, водородная энергетика, биотопливо и др. Использование возобновляемых источников энергии уменьшает загрязнение атмосферы и делает человечество менее зависимым от углеводородного топлива.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, углеводородные топлива, экономика, экология.

Progress in modern human society is impossible without the active consumption of energy necessary for the successful development of industry, agriculture and raising the standard of living. With the advancement of science and technology, the demand for energy has increased dramatically, especially in the household, which is due to the use of a huge number of different mechanisms, devices and equipment [1, p. 9].

Energy consumption per capita has increased tenfold in recent decades. In this situation, the active production of energy due to traditional hydrocarbon fuels (coal, gas, oil) has led to a sharp reduction in their reserves and at the same time to pollution of the environment. Numerous harmful emissions into the atmosphere have caused climate warming [2, p. 5] and as a result, this has led to various natural cataclysms, such as flood extinction glaciers, destructive hurricanes, and so on.

All of this together required the search for alternative non-traditional approaches to energy use. The history of civilization - the history of the invention of all new and new methods of energy conversion, the development of its new sources and the increase in energy consumption.

Alternative energy is a set of promising ways of generating energy that are not as widespread as traditional, but are of interest because of the benefits of their use at low risk of environmental damage. The goal is to find alternative sources of energy – the need to derive it from renewable or virtually inexhaustible energy and natural resources.

Renewable energy sources include wind power, heliower, alternative hydropower, geothermal power, space energy, hydrogen energy, biofuels and others [3, p. 3].

Wind energy is a form of solar energy. Solar radiation causes uneven heating of the Earth's surface, which causes the movement of air masses. The surface of the water and the area covered by the clouds warm up more slowly, respectively, and the surface of the earth, not shaded by the sun's radiation, heats up faster. The air above the heated surface heats up and rises, creating a region of reduced pressure. The air from the high-pressure areas moves in the direction of the low-pressure areas, thus creating wind.

The direction and speed of the wind change throughout the year and day. In the morning, for example, the sun heats the earth faster than water, so the wind blows in the direction of the coast. In the evening, the earth cools faster than water, which leads to the appearance of wind from the coast.

The first wind turbines were already known in 200 BC. They were the simplest installations for milling wheat [1, p. 144]. Modern wind turbines are mainly used to generate alternating current [1, p. 164].

The Sun's energy is the largest source of renewable energy. 5 billion. For years, the sun emits energy, which makes life on Earth possible [1, p. 19]. The amount of energy reaching the Earth's surface from the Sun is enormous. For example, the power of a solar radiation stream reaching an area of 10 km² in a cloudless day reaches 7-9 million kW [4, p. 6].

Solar energy technologies convert electromagnetic radiation from the Sun into heat and electricity [4, p. 6]. In the last few decades, global solar power has been developing rapidly, with solar power plants becoming part of the energy infrastructure of many countries. The development of solar technology has a significant impact on the economy. It is to be expected that in the coming decades, solar energy will be the driving force for

the economic development of countries and regions with the biggest «solar» resource [4, p. 4].

The Earth's water resources are huge. River water plays a major role in the economic use of water resources. Their characteristic features are the annual renewal because of the water cycle in nature [1, p. 105]. In the history of humankind, «water engines» have always played a special role. For centuries, various water machines have been a major source of energy in production. After a very efficient water turbine was invented in the first half of the 19th century, hydropower survived its second birth. With the onset of electrification around the world, the construction of hydroelectric power plants has been launched, in which electric generators receive their drive from powerful hydro turbines of various designs. At present, the share of hydro turbines accounts for a large part of the world's electricity generation [1, p. 106].

The term «geothermal energy» means the heat energy of the Earth («geo» – earth, «thermal» - thermal) [5]. Geothermal energy refers to the energy industry that generates thermal or electrical energy using deep Earth heat based on the creation of natural-man-made systems that provide heat selection from natural or artificial underground reservoirs [6, p. 20].

Geothermal energy reserves are huge. Geothermal energy is widely used in some countries for heat supply and electricity generation.

Hydrogen is a highly efficient and environmentally friendly fuel. Hydrogen production in the world exceeded 50 million tons and is growing rapidly. In the future, this energy carrier could serve as a source of energy for local electricity and heat generation, household energy supply, energy accumulation, for transport, including for automobile refueling. Being produced from water through renewable or nuclear resources and technologies, hydrogen becomes a renewable fuel that contributes to the sustainable development of the world community [7, p. 9].

Biomass is called organic compounds, such as living animals or plants growing in nature, as well as their remains. The basis of biomass-organic carbon compounds, which in the process of combining with oxygen during combustion or because of natural metabolism emit heat. Chemical or biochemical processes can transform the biomass into fuels such as gaseous methane, liquid methanol, and solid charcoal. The initial energy of the biomass-oxygen system arises in the process of photosynthesis under the action of solar radiation, which is a natural variant of the conversion of solar energy [1, p. 174].

Based on the foregoing, it can be concluded that renewable energy sources are able to reduce atmospheric pollution and make humankind less dependent on hydrocarbon fuel. Therefore, their development in the modern world is relevant.

References:

1. Obozov A. J., Botpaev R. M. *Vozobnovlyaemye istochniki energii : uchebnoe posobie dlya vuzov* [Renewable energy sources: textbook for universities]. 2010, 218 p. (in Russian).
2. *Klimat razboltalsya: Regional'nye yavleniya global'nogo izmeneniya klimata v Kaliningradskoj oblasti* [The climate is loose: Regional phenomena of global climate change in the Kaliningrad region]. Kaliningrad: Ekozaschita, 2018, 32 p. (in Russian).
3. *Al'ternativnaya energetika: bibliograficheskij spisok literatury* [Alternative energy: bibliographic list of references]. *Nat. b-ka Chuvash. Rep. ; sost. N. A. Arsent'eva.*

Вып. 2 [Nat. b-ka Chuvash. Rep. ; comp. N. A. Arsent'eva. Issue. 2]. Cheboksary, 2014, 16 p. (in Russian).

4. Bessel V. V., Kucherov V. G., Mingaleeva R. D. *Izuchenie solnechnykh fotoelektricheskikh elementov : uchebno-metodicheskoe posobie* [The study of solar photovoltaic cells: a teaching aid]. M.: *Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina*, 2016, 90 p. (in Russian).

5. Energetika: istoriya, nastoyashchee i budushchee [Energy: history, present and future]. – URL: <https://www.vzlet.org/blog/energetika-istoriya-nastoyashee-i-budushee> (Accessed: 04.15.2022).

6. Cherkasov S. V. *Metodologicheskie osnovy sozdaniya i ekspluatacii prirodno-tekhnogennykh sistem geotermal'noj energetiki: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk* [Methodological foundations for the creation and operation of natural-technogenic systems of geothermal energy: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences]. Moscow, 2021, 249 p. (in Russian).

7. Radchenko R. V. *Obshchaya energetika: vodorod v energetike: ucheb. posobie dlya vuzov* [General energy: hydrogen in the energy sector: manual for universities]. M.: *Izdatel'stvo Yurayt*, 2018, 230 p. (in Russian).

Список литературы:

1. Обозов, А. Дж., Ботпаев, Р. М. Возобновляемые источники энергии : учебное пособие для вузов / А. Дж. Обозов, Р. М. Ботпаев. – Бишкек. 2010. – 218 с. – Текст : непосредственный.

2. Климат разболтался: Региональные явления глобального изменения климата в Калининградской области – Калининград : Экозащита. 2018. – 32 с. – Текст : непосредственный.

3. Альтернативная энергетика: библиографический список литературы / Нац. б-ка Чуваш. Респ. ; сост. Н. А. Арсентьева. Вып. 2. – Чебоксары, 2014. – 16 с. – Текст : непосредственный.

4. Бессель, В. В., Кучеров, В. Г., Мингалеева, Р. Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов : учебно-методическое пособие / В. В. Бессель, В. Г. Кучеров, Р. Д. Мингалеева. – М. : Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 90 с. – Текст : непосредственный.

5. Энергетика: история, настоящее и будущее: [сайт]. – URL: <https://www.vzlet.org/blog/energetika-istoriya-nastoyashee-i-budushee> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст : электронный.

6. Черкасов, С. В. Методологические основы создания и эксплуатации природно-техногенных систем геотермальной энергетике: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. / Черкасов Сергей Владимирович. – Москва, 2021. – 249 с. – Текст : непосредственный.

7. Радченко, Р. В. Общая энергетика: водород в энергетике: учеб. пособие для вузов / Р. В. Радченко, А. С. Макрушин, В. В. Тюльпа. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 230 с. – Текст : непосредственный.

© Векилова Ч. Г., Солтанмырадов Г. А., Овлякулиев М., 2022

ОБЗОР ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ИНТЕРНЕТ-САЙТОВ О КИНО

Студент Дельмухаметов Джамиль Русланович,
Канд. ф.-м. наук, доцент Арутюнова Наталья Константиновна,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Статья содержит обзор пользовательских интерфейсов сайтов «Кинопоиск» и IMDb. Выявлены их преимущества и недостатки с целью проектирования нового сайта подобной тематики с наглядным представлением информации и удобной навигацией.

Ключевые слова: веб-сайт, пользовательский интерфейс, кино, рецензии.

CINEMA WEBSITES INTERFACES REVIEW

Student **Delmuhametov Jamil Ruslanovich**,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor
Arutyunova Natalya Konstantinovna,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. The article contains review of the Kinopoisk and IMDb websites interfaces. Advantages and disadvantages of the services are revealed in order to design a new website of similar subject with visual representation of information and convenient navigation.

Keywords: website, interface, cinema, reviews.

Любители кино сталкиваются с проблемой поиска фильма, соответствующего их запросам. Для помощи в решении этой проблемы рецензии критиков и обычных зрителей собираются на специальных площадках, доступ к которым имеется через их веб-сайты. Самым популярным сайтом с оценкой фильмов и сериалов в мире является IMDb, а в России – «Кинопоиск» (по версии Similarweb) [1]. Сервисы имеют свои достоинства и недостатки, некоторые сходства и отличительные особенности. Если исключить из рассмотрения видеохостинги (YouTube) и стриминг-сервисы (Netflix, miguvideo.com), в

основную деятельность которых не входит сбор рецензий и информации о фильмах и сериалах.

В данной статье приведены результаты анализа интерфейсной составляющей сайтов IMDb [2] и «Кинопоиск» [3] с целью выявления шаблонов пользовательских интерфейсов [4], которые можно было бы использовать для создания собственного сервиса. Разбор каждого состоит из следующих пунктов:

- Структурная организация;
- Навигация;
- Общий стиль;
- Мобильная версия;
- Информативность страницы о фильме/сериале.

IMDb

Структурная организация

Первая обозреваемая площадка – это IMDb, крупнейший международный сайт о кино. Он встречает пользователя большим баннером с новостями, и, на первый взгляд, остальное пространство занимают элементы, относящиеся к фильмам и сериалам опосредованно: фотографии актёров, видео с событиями и церемониями. Однако подобные новости – только часть всей информации, представленной на ресурсе. Просто пролистав страницу, пользователь сразу найдёт знакомые постеры с фильмами и оценками. Пользователю довольно легко привыкнуть к сайту, благодаря знакомым элементам дизайна. Например, строка поиска находится в верхней части страницы, а слева кнопка «Меню». Исходя из организации содержимого, можно предположить, что используется шаблон «Новость, поиск и обзор», но в изменённом виде. Согласно описанию этого шаблона, сайту IMDb не хватает боковой панели со списком категорий, однако она заменена на раскрывающуюся вкладку «Меню». Если учесть, что площадка является огромной библиотекой, то применение данного шаблона позволяет пользователю быстро найти нужную информацию.

Навигация

Верхняя строка с «Поиском» и «Меню» остаётся в одном состоянии и на любой странице, что помогает пользователю оставаться уверенным и не бояться остаться без основных функций ресурса. Навигация организована по пирамидальной модели: из любой страницы сайта можно вернуться на главную, нажав на логотип сервиса, находящийся вышеупомянутой строке в верхней части. Ещё к стандартам навигации, используемым в данном сервисе, можно отнести карту сайта в конце страницы со списком контактов и полное меню, открываемое по нажатию на соответствующую кнопку в шапке сайта.

Общий стиль

Большим достоинством любого многостраничного сайта было бы наличие общего стиля. То есть использование одной цветовой схемы для всех страниц, добавление узоров, форм с целью создания «цельной картины» и, не так часто,

установка единых пропорций и размеров для однотипных элементов. При таком подходе пользователю не требуется изучать интерфейс при каждом перемещении по страницам, так как визуально ничего не меняется, кроме текстовой информации. Эта концепция лежит в основе шаблона «Визуальная схема».

Использовали ли данный шаблон на сайте IMDb? Цветовой набор состоит из черного цвета для фона, тёмно-серого – для шапки и выделения постеров, жёлтого – для заголовков и белого – для остального текста.

Страница о фильме представляет собой сборник данных о конкретной картине, разбитый на разделы. Разработчики сайта пришли к интересному решению. Эта страница визуально разделена на две части: тёмная – базовая и светлая – дополнительная. Тёмная часть с самой главной информацией о фильме следует шаблону, повторяя цвета с главной страницы. Светлая – сохраняет стиль элементов и шрифт текста при изменённой цветовой палитре.

На странице поиска нет визуально знакомых элементов, кроме шапки со строкой поиска и карты сайта. У основной части иные цветовой набор, шрифт текста и оформление в целом.

Мобильная версия

Одно из достоинств сайта, что должно быть у любого веб-сервиса по умолчанию, – «резиновый» макет. Компоновка элементов изменяется при изменении размеров окна. Это необходимо для корректного отображения страницы не только на компьютере, но и на мобильных устройствах.

Информативность страницы о фильме/сериале

Что можно узнать о фильме или сериале? Для дизайнеров и разработчиков в данном случае важно сохранять баланс как между информативностью и лёгкостью восприятия, так и между детализацией описания и сохранением тайны сюжета.

Первыми данными, которые получит пользователь, открыв страницу о фильме, будет оценка. Это среднее арифметическое пользовательских оценок по 10-бальной шкале. Посетителю без опыта будет сложно понять общее отношение зрителей к фильму исходя из цифр. Например, 6 из 10 больше половины, а значит этот фильм неплох? К сожалению, дизайн тоже не подсказывает характер оценки.

Большое пространство на экране занимают постер и трейлер, которые могут многое прояснить для искателей, ведь это реклама от самих авторов данного кино. Под постером идёт список жанров, которые выделяются на фоне остального текста. Однако для описания жанров используются общие их наименования, поэтому они могут давать очень размытое представление о произведении.

Справа от жанров находится оценка (Metascore) с другого оценочного ресурса, Metacritic [5]. Этот сайт собирает оценки и рецензии критиков. В

отличие от пользовательской оценки IMDb, Metascore выделяется одним из трёх цветов (красным, жёлтым или зелёным), формируя представление о качестве фильма хотя бы на уровне общих понятий «хорошо-плохо».

Стоит упомянуть, что IMDb – огромная библиотека с подробной информацией почти о любой кинокартине или телепроекте. Если потратить время на её изучение, пользователь может для себя решить, хочет ли он посмотреть фильм или сериал. Вся подробная информация содержится на периферийных страницах, переход на которые осуществляется через заголовки-ссылки разделов основной страницы о фильме. Например, если нажать на возрастной рейтинг, открывается страница с подробным «Путеводителем для родителей» (Parents Guide).

«Кинопоиск»

Структурная организация

Для организации содержимого применяется тот же шаблон, что и на сайте IMDb. Также сайт непосредственно связан с одноимённым онлайн-кинотеатром, поэтому самым заметным элементом практически на любой странице является кнопка просмотра или покупки при их доступности.

Навигация

Здесь также есть поисковая строка и кнопка меню. Не имеет смысла повторять вышеуказанное, так как у двух сайтов одной направленности имеются общие черты.

Общий стиль

В данном примере почти на каждой странице нарушается «Визуальная схема». Главная страница с белым фоном, серым текстом и темно-серыми вставками, также применяется фирменный узнаваемый шрифт. Страница поиска выглядит иначе, на ней применяется дизайн старой версии сайта: стандартный шрифт меньшего размера, оранжевый цвет для заголовков, синий – для ссылок и серый – для обычного текста и без темных вставок. Что касается страницы о фильме, то здесь используется тот же дизайн, что на главной. Но даже в этом случае всё портит одна особенность. Страницы с информацией о тех картинах, для которых нет возможности просмотра в онлайн-кинотеатре, выглядят по-другому. Белый фон вместо черного, рекламный баннер вместо трейлера на заднем плане сбивают с толку. Практически обратная цветовая палитра создаёт ощущение, будто пользователь находится на другом сайте.

Мобильная версия

При изменении размеров окна компоновка сильно не изменяется. Мобильная версия сайта активируется соответствующим режимом браузера. Для сравнения, версии IMDb переключаются при изменении ширины окна.

Информативность страницы о фильме/сериале

Трейлер, название, постер и оценка – главные и крупные элементы страницы. Стоит отметить, что оценка выделяется одним из трёх цветов:

зелёным (оценка 7-10), серым (оценка 5-6) или красным (оценка 1-4). Это такое же удачное решение, как и Metascore, то есть у пользователя будет хотя бы общее представление о качестве фильма/сериала [6].

Если пользователю понадобится более подробная информация по рейтингу фильма, то, пролистав страницу вниз, он увидит соответствующий раздел. В нём приводится оценка текущего пользователя, средняя оценка среди пользователей «Кинопоиска», оценка с ресурса IMDb, мировой рейтинг кинокритиков и рейтинг российских критиков. Есть одно замечание: сайт не даёт ссылку, откуда взята информация об оценках кинокритиков со всего мира. Лишь путём сравнения количества рецензий на популярных международных сервисах удалось выяснить, что данные взяты с сайта Rotten Tomatoes [7].

Если на IMDb общие сведения о фильме помещены в отдельные именованные разделы на странице, то на «Кинопоиске» собраны в одном месте в верхней части страницы рядом с постером. Каждый подход имеет свои плюсы и минусы, нельзя однозначно сказать, какое решение более удачное. Остальная часть основной страницы с информацией о картине на российском сайте занята дополнительной информацией (например, интересные факты о производстве или «Похожие фильмы») и рецензиями.

Выводы

В поисках телевизионного или кинотеатрального проекта пользователь, изучая их страницы на сайтах «Кинопоиск» и IMDb, может потратить немало времени, прежде чем принять решение о просмотре. Ситуацию слегка спасает цветовое обозначение оценки на «Кинопоиске» и отделённый оформлением от остальной информации список жанров на IMDb. Эти элементы дополняют «сухие» цифры и слова визуально понятным человеку смыслом.

Исходя из опыта рассмотренных площадок, можно сделать вывод о том, какие функции и элементы интерфейса будет полезно включить при разработке собственного сервиса:

- «растягивание и сжатие» страницы при изменении ширины окна для удобного просмотра сайта на устройствах с различными размерами дисплеев;
- наличие поисковой строки и меню для более быстрого поиска информации;
- трейлер проекта и его синопсис (краткое описание сюжета) в виде крупных элементов дизайна страницы, помимо постера;
- единый стиль для всех страниц на сайте;
- цветовое окрашивание оценки: оно имеет не меньший смысл для человека, чем само значение оценки.

Авторская оценка сервисов, выставленная по пятибалльной шкале, разобрана по критериям и указана ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Итоги обзора сайтов

	IMDb	Кинопоиск
Структурная организация	4/5	5/5
Навигация	5/5	5/5
Общий стиль	3/5	1/5
Мобильная версия	5/5	4/5
Страница о фильме/сериале	3/5	3/5

Список литературы:

1. Трафик веб-сайта: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.similarweb.com/ru/> (дата обращения: 20.03.2022). – Текст: электронный.
2. IMDb: Ratings, Reviews, and Where to Watch the Best Movies & TV Shows: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.imdb.com/> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст: электронный.
3. Кинопоиск. Все фильмы планеты: – 2022. – URL: <https://www.kinopoisk.ru/> (дата обращения: 16.04.2022). – Текст: электронный.
4. Тидвелл, Дж. Разработка пользовательских интерфейсов / Дж. Тидвелл – Санкт-Петербург: Питер, 2011. – 480 с. – Текст: непосредственный.
5. Metacritic – Movie Reviews, TV Reviews, Game Reviews, and Music Reviews: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.metacritic.com/> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст: электронный.
6. Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Books, Movies, Music & Wayback Machine: [сайт]. – 2022. – URL: <https://archive.org/> (дата обращения: 16.04.2022). – Текст: электронный.
7. Rotten Tomatoes: Movies. TV Shows. Movie Trailers: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.rottentomatoes.com/> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст: электронный.

© Дельмухаметов Д. Р., Арутюнова Н. К., 2022

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ФРИКУЛИНГА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ХОЛОДА ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Канд. техн. наук, доцент **Еникеев Руслан Ренатович**,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается пример реализации системы фрикулинга на предприятии по производству безалкогольных напитков. В качестве источника холода используется поступающая на предприятие вода из скважин. До внедрения системы этот ресурс как источник холода не использовался. Внедрение подобных систем направлено на интенсификацию использования ресурсов предприятия, и, как следствие, на снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Ключевые слова: фрикулинг, утилизация холода, скважинная вода, пищевая промышленность, хладоноситель.

EXPERIENCE IN IMPLEMENTING A FREECOOLING SYSTEM FOR DISPOSAL OF COLD WATER FROM A WELL AT A SOFT DRINKS PRODUCTION ENTERPRISE

PhD in Technology, Associate Professor **Enikeev Ruslan Renatovich**,
Samara State Technical University,
Samara, Russian Federation

Abstract. The paper considers an example of the implementation of a freecooling system at a soft drinks production enterprise. The well water coming to the enterprise is used as a source of cold. Before the startup of the system this resource, as a source of cold, was not used. The introduction of such systems is aimed to intensify the use of enterprise resources, as a result, reducing the production costs.

Keywords: freecooling, cold disposal, well water, food industry, coolant.

В настоящее время в условиях роста цен на энергоресурсы, ужесточение экологических нормативов, общей популяризации эффективных систем и технологий, в том числе и в рамках государственной политики, системы энергосбережения приобретают особую актуальность. Одним из очевидных подходов является внедрение систем рекуперации или регенерации теплоты, как и использование температурного потенциала окружающей среды. В данном контексте так называемый фрикулинг (от англ. «free cooling», т.е. «бесплатное

охлаждение») является, на первый взгляд, хорошей перспективой для повышения энергоэффективности предприятия [1].

Реализация метода заключается в подаче теплого хладоносителя от обратной линии в теплообменник, так или иначе непосредственно связанного с окружающей средой, перед подачей в испаритель холодильной машины. Предполагается, что таким образом происходит снижение нагрузки на холодильную машину, таким образом, снижается потребление электроэнергии и задействуется меньше резерва электрической мощности. Данный подход в настоящее время приобретает особый интерес в контексте задач кондиционирования воздуха [2] и повышения энергоэффективности дата-центров [3], также следует отметить потенциал для предприятий пищевой промышленности [4], о чем пойдет речь в настоящей работе.

Однако процесс естественного охлаждения может быть не всегда эффективен, например, в летнее время из-за низкого температурного напора; такую сезонность приходится учитывать при технико-экономическом расчете системы.

В случае наличия постоянного притока воды на предприятии этот ресурс можно воспринимать как потенциальный источник холода. Несомненно, с точки зрения реализации идеи фрикулинга вода является наиболее эффективным ресурсом по сравнению с воздухом, что выражается в меньших площадях теплообмена, соответственно, и стоимости оборудования.

В рассматриваемом случае на предприятии по производству безалкогольных газированных и негазированных напитков типа «лимонад», «сладкий чай» и т.п. для производства указанной продукции используется вода из скважин, расположенных на территории предприятия. Технической службой предприятия был разработан проект по утилизации холода скважинной воды. Отличительной особенностью данного ресурса является относительное постоянство температуры, которая составляет приблизительно 9°C с небольшими сезонными колебаниями не более 1°C .

Проект включал следующие задачи:

1) установку пластинчатых теплообменников (место и количество определяется расчетами) на трубопроводы возврата 24% водного раствора пропиленгликоля в буферную емкость (на производственное отделение; на воздушную компрессорную; на выдувные машины, температура теплого теплоносителя, в зависимости от нагрузки на оборудование $10\text{--}21^{\circ}\text{C}$;

2) подключение воздушного радиатора на вентиляционной установке к системе водяного охлаждения для кондиционирования приточного воздуха в жаркое время года;

3) установку автоматической системы отключения подачи воды на теплообменники в случае, если температура охлаждаемой жидкости ниже температуры воды (простой оборудования, низкая производительность); подключение воздушного радиатора на вентиляционной установке будет производиться вручную.

Ожидаемые результаты от реализации проекта заключались в снижении энергопотребления: при снижении средней температуры пропиленгликоля на 1°C за счет холода воды из скважины высвобождаемая электрическая мощность составляет порядка 61,2 кВт (за вычетом потребляемой мощности устройств системы (насоса, электрооборудования) при максимальной загрузке производства. При этом работа циркуляционного насоса системы хладоносителя постоянна и не зависит от тепловой нагрузки потребителей.

На основании сравнительного анализа различных вариантов компоновки системы был принят вариант, предполагающий централизованный подход: один теплообменник, причем подача раствора пропиленгликоля (используемый хладоноситель) от отдельных потребителей осуществляется в коллектор единственного теплообменника, либо байпасируется в буферную емкость пропиленгликоля на основании температуры возвратного раствора пропиленгликоля.

Данная концепция системы имеет ряд преимуществ перед альтернативными рассматриваемыми вариантами, в которых на каждую возвратную линию предполагается отдельный теплообменник. В частности, централизованный подход позволяет сократить капитальные затраты, а также решить проблему пространственной организации нового оборудования в условиях функционирующих производственных линий и систем.

В рамках проекта по реализации системы фрикулинга была спроектирована трехмерная геометрическая модель системы в программном пакете SolidWorks (рис. 1).

Реализация проекта осуществлялась в соответствии с графиком проведения работ. Следует отметить, что для монтажа и сборки самой системы не требовалось согласований с проведением производственного процесса, поскольку работы выполнялись в чердачном пространстве и большей частью не конфликтовали с производственной зоной. Однако при подключении системы как со стороны пропиленгликоля, так и со стороны воды необходима врезка в действующую систему. Эта операция осуществлялась во время плановой остановки завода на техническое обслуживание. Предварительно были подготовлены сборки труб с соответствующей запорной арматурой. После врезки элементов системы завод продолжал функционировать по байпасной схеме, таким образом незавершенная система фрикулинга никаким образом не влияла на производственный процесс; это позволяло в нормальном режиме проводить работы по монтажу элементов системы, а позже – и ее пусконаладочные работы.

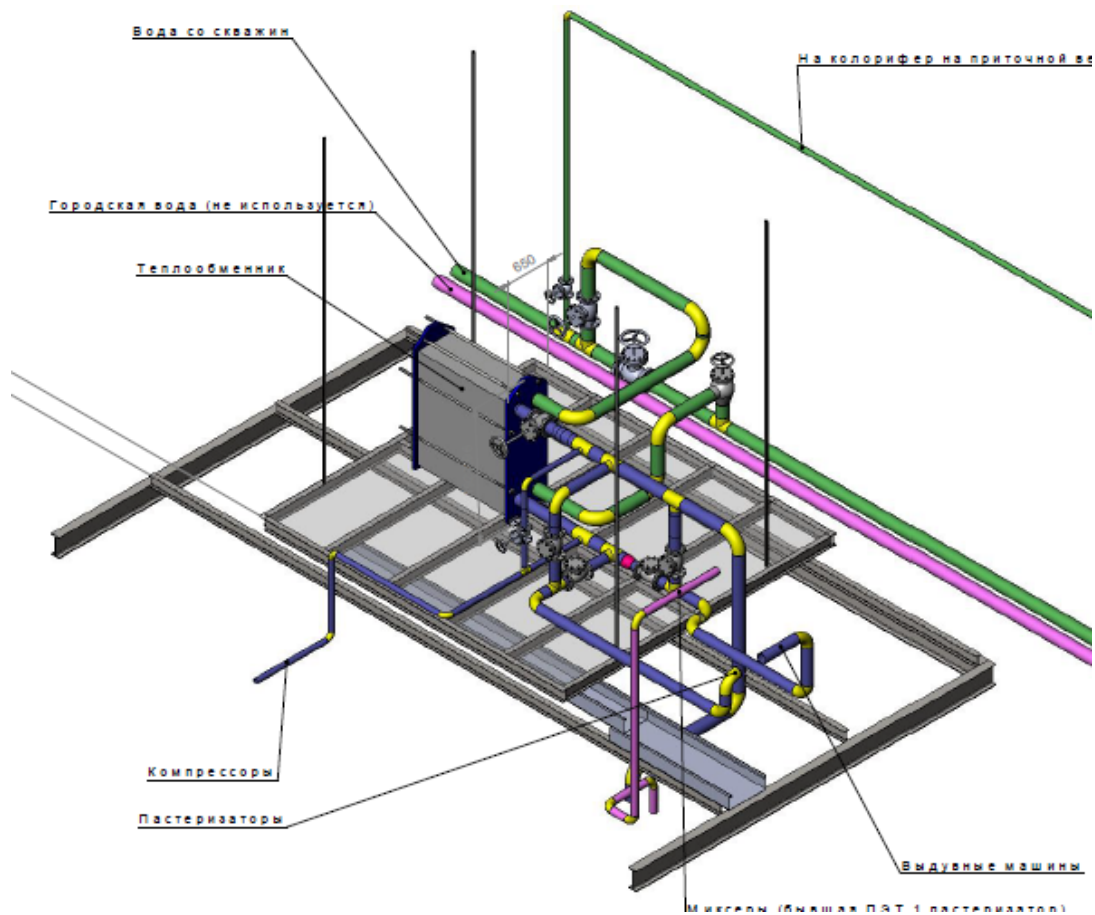


Рис. 1. Геометрическая 3D модель системы фрикулинга возвратной линии хладоносителя за счет поступающей скважинной воды

Реализация отдельных элементов системы представлена на фотографиях (рис. 2).

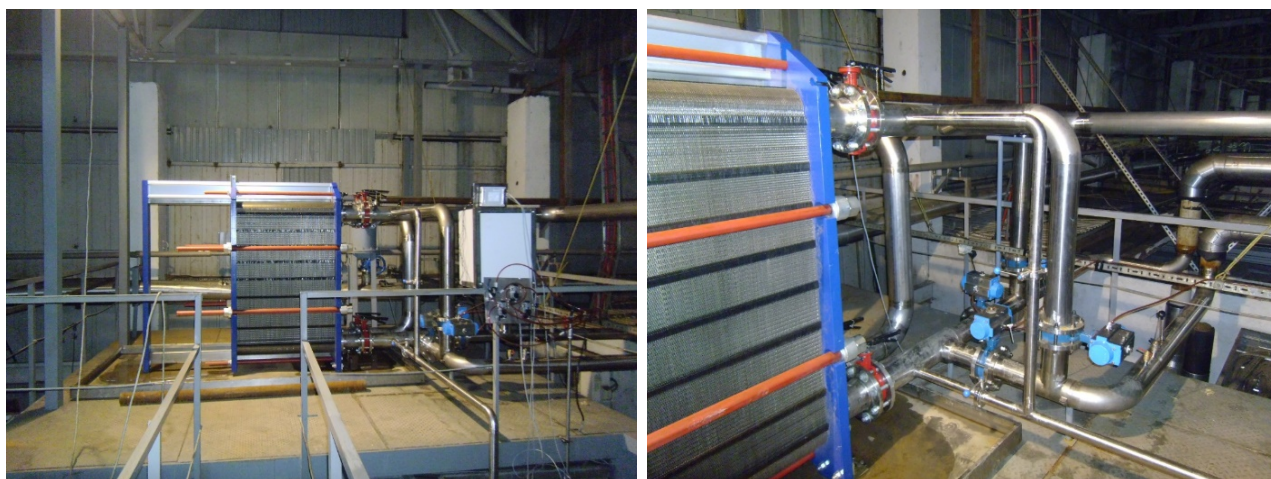


Рис. 2. Площадка с установленным теплообменником и запорно-регулирующей арматурой

На входе в теплообменник расположен фильтр грубой очистки для предварительной очистки скважинной неподготовленной воды от грубых механических примесей. Также система снабжена теплосчетчиком для непосредственной оценки экономического эффекта.

Следует отметить, что данное техническое решение обладает рядом достоинств: низкий срок окупаемости (не превышает 2 лет), редкое техническое обслуживание и существенный экономический эффект от внедрения.

Полагаем, что использование скважинной воды, как источника холода, является самостоятельной перспективой не только для повышения энергетической эффективности технологических процессов, но и для кондиционирования воздуха.

Список литературы:

1. Гараев, А. Б. Оценка масштабов и перспектив использования холода окружающей среды для экономии энергии / А. Б. Гараев, Ю. В. Коротке – Текст: непосредственный // Энергетика. – 2018. – № 4. – doi.org/10.24160/1993-6982-2018-4-58-70.

2. Ding J. et al. Experimental investigation and application analysis on an integrated system of free cooling and heat recovery for data centers // International Journal of Refrigeration. 2022. Vol. 136. – P. 142–151. doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.01.003.

3. Zeinelabdein R. et al. Critical review of latent heat storage systems for free cooling in buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82 (3). P. 2843-2868. doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.046.

4. Мухтаров, И. М. Free cooling на предприятиях переработки мяса и птицы / И. М. Мухтаров – Текст: непосредственный // Мясные технологии. – 2013 – № 9. – С. 26–27.

© Еникеев Р. Р., 2022

СИСТЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Студент **Казанцев Роман Владимирович**,
Науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент
Горобченко Станислав Львович,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время актуально повышение производительности, прибыльности и конкурентоспособности производства во всех сферах промышленности. В данной работе рассматриваются системы усовершенствованного управления технологическими процессами в ведущих компаниях по автоматизации: Siemens, Emerson и Metso. В работе рассматриваются ключевые решения компаний, а также используемое оборудование и программное обеспечение для решения задач оптимального управления.

Ключевые слова: АСУТП, СУУТП, производство, Siemens, Emerson, Metso, оптимизация, увеличение прибыли, технологии, автоматизация.

SYSTEMS OF IMPROVED CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Student **Kazantsev Roman Vladimirovich**,
Academic Adviser: PhD in Technology, Associate Professor
Gorobchenko Stanislav Lvovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. At the present time it is actual to increase productivity, profitability and competitiveness of production in all areas of industry. This paper examines the systems of improved control of technological processes in the leading automation companies: Siemens, Emerson and Metso. The paper examines the companies' key solutions and the equipment and software used to solve the problems of optimal control.

Keywords: APCS, APC, production, Siemens, Emerson, Metso, optimization, profit increase. technology, automation.

Современное производство сталкивается с задачами повышения производительности, эффективности и обеспечения высокой стабильности технологического процесса. Для решения таких задач необходимо оптимальное управление процессами. Современное оптимальное управление включает в себя управление взаимосвязанными параметрами, высокое качество регулирования, прогнозирование, компенсация возмущений, оптимизация, соблюдение ограничений технологического процесса. С такими задачами успешно справляются системы усовершенствованного управления (СУУТП). Ведущие компании по автоматизации предлагают актуальные решения для различных отраслей производства, среди которых: «Siemens», «Emerson» и «Metso».

Целью данной работы является рассмотрение систем усовершенствованного управления и анализ существующих решений от ведущих компаний по автоматизации.

Описание СУУТП

Система усовершенствованного управления технологическими процессами (рис. 1) – ряд комплексных экономических, технических и организационных решений, позволяющих повысить производительность, эффективность, снизить затраты на расходные составляющие и обеспечить высокую стабильность производства. Такая система работает за счёт предиктивного управления, прогнозирования параметров, оптимизации производства, математических моделей, снижения аварийности, вредных выбросов, износа оборудования и других методов современной автоматизации.

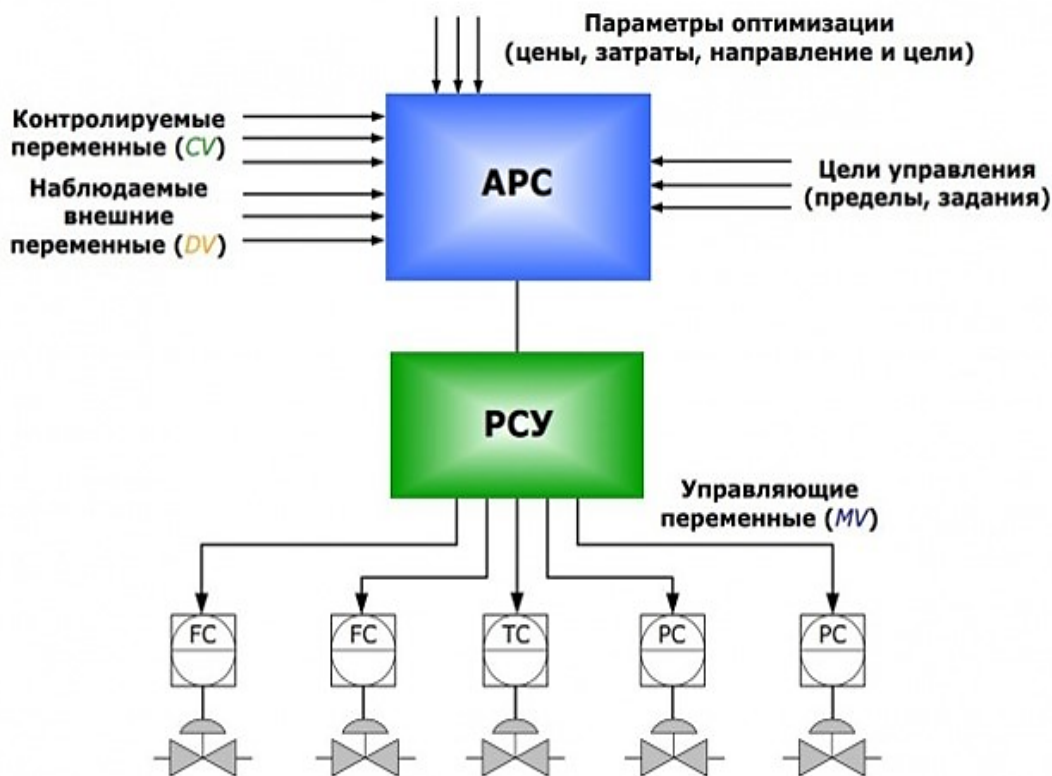


Рис. 1. Схема СУУТП

СУУТП позволяет обеспечить непрерывный контроль заданных технологических параметров, что позволяет увеличить качество конечного продукта, а также снизить затраты на производство. СУУТП интегрируются с существующими АСУТП.

СУУТП позволяет увеличить прибыль и конкурентоспособность производства за счет предиктивного управления технологическим процессом и его быстрого вывода на заданный режим с последующей стабилизацией и автоматическим поддержанием оптимального режима.

Стоит отметить, что помимо математических моделей, которые являются «визитной карточкой» предлагаемых на рынке СУУТП решений, в СУУТП используются и другие методы современной автоматизации [1].

Решение от компании «Emerson»

Задачи оптимального управления для компании «Emerson»: поддержание высокого качества регулирования, управления взаимосвязанными параметрами технологического процесса, соблюдение ограничений технологического процесса по параметрам и по качеству, прогнозирование состояния процесса, компенсация внешних возмущений, оптимизация технологического процесса по заданному критерию.

Решением компании является использование технологии MPC (Model Predictive Control), то есть управление по прогнозируемой модели. Управление осуществляется при помощи основных 3-х направлений:

1. Модель (Model). Создание математическую модель процесса.
2. Прогноз (Predictive). Использование модели для прогнозирования.
3. Управление (Control). Вычисление управляющих воздействий для достижения всеми управляемыми переменными заданных значений.

Решение реализуется при помощи приложения «DeltaV Predict Pro», встроенное в систему «DeltaV» (распределенная система управления компании). В саму систему входят ПО и контроллеры, а также дополнительные модули и платы. Благодаря этой системе, технологическим процессом можно управлять даже с экрана мобильного телефона.

Данная система предполагает использование многопараметрической модели (рис. 2), которая позволяет использовать большое количество параметров (регулируемых переменных и возмущений), что позволяет наиболее точно регулировать технологический процесс.

Отдельно стоит отметить, что все современные СУУТП решения поддерживают работу с виртуальными анализаторами (рис. 3) – математическими моделями, позволяющими вычислить, к примеру, качественные характеристики производимого продукта на основе измеряемых напрямую данных. Виртуальные анализаторы позволяют определить значения качественных показателей процесса в реальном времени на основе значений входов и выходов модели. Уточнить параметры модели процесса можно на основе лабораторных анализов.

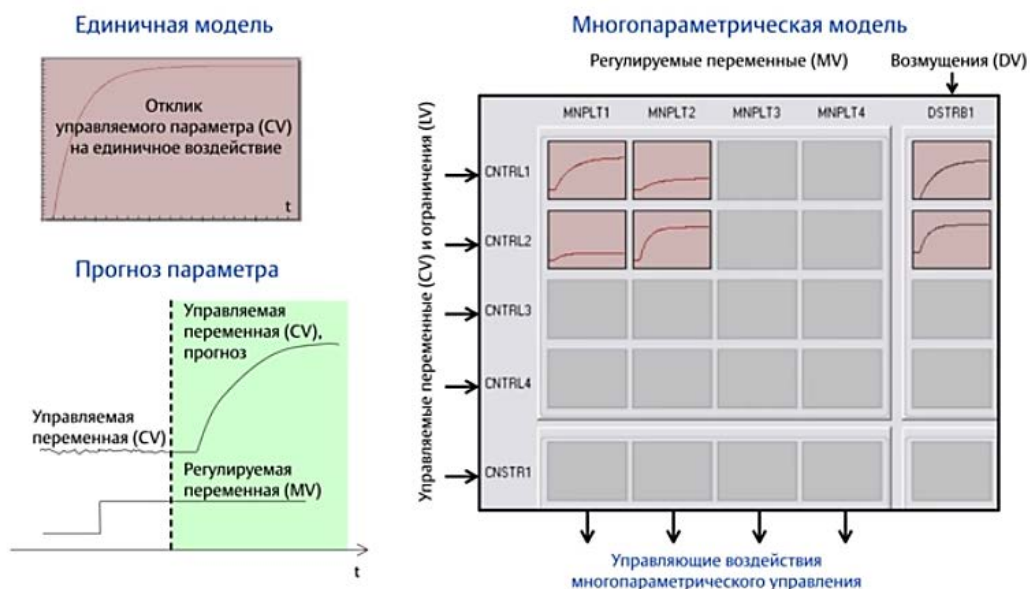


Рис. 2. Многопараметрическая модель



Рис. 3. Виртуальные анализаторы

Алгоритм технологии «MPC» представлен на рис. 4.

К особенностям решения от компании «Emerson» можно отнести: низкие затраты при установке СУУТП на уже имеющуюся систему «DeltaV» – приложения входят в состав стандартной поставки «DeltaV» и активируются лицензиями, приложения позволяют работать с системами разных размерностей от небольших систем вроде бака до целого завода [2].

Решение от компании «Siemens».

Решение от компании «Siemens» аналогично решению компании «Emerson». Метод компании – использование алгоритмов и программного обеспечения (ПО) для уже существующих программируемых логических контроллеров. В данном случае это инструментарий СУУТП, встроенный в ПО «Simatic PCS 7» для различных контроллеров от компании.

ПО «PCS7» оснащается встроенной библиотекой СУУТП, позволяющей реализовать усовершенствованное управление технологическим процессом. Содержит инструменты для планирования настроек регулирования, контроля качества регулирования, многомерного предиктивного управления и т. п. Возможно сопряжение с внешними и встраиваемыми системами СУУТП, реализующими весь спектр методов оптимизации управления.



Рис. 4. Алгоритм технологии «MPC»

Инструмент «Контроль качества регулирования» позволяет вести онлайн-контроль, настраивать пороги тревог, визуализировать технологический процесс, идентифицировать состояния контуров управления, а именно: какой из контуров работает не оптимально, какие ошибки качества регулирования присутствуют.

Инструмент «Оптимизация PID-регулятора» позволяет оптимизировать и симулировать контур управления с целью получения наилучших настроек регулятора, что позволяет повысить стабильность и качество системы.

Инструмент «Приоритетное регулирование» позволяет установить приоритет регулирования. Например, когда имеется два или более регулятора, которые имеют общий конечный элемент регулирования.

Инструмент «Планировщик настроек регулятора» позволяет устанавливать наиболее оптимальные настройки регулятора на основе измеряемых величин процесса.

Инструмент «Предсказатель Смита» создан для процессов с большими временами запаздывания, которые известны и постоянны. Он использует принцип управления на основе внутренней модели. Модель работает параллельно с реальным процессом. Отклонение выхода модели используется в качестве обратной связи.

Инструмент «Прогнозирующий многосвязный регулятор на основе модели» позволяет прогнозировать процесс без вмешательств, оптимизировать производство, идентифицировать модель. Регулятор способен самостоятельно настроиться посредством нажатия всего одной кнопки.

Инструмент «Динамическая компенсация управляющих воздействий» позволяет компенсировать сильные измеряемые возмущения, которые напрямую влияют на работу контура регулирования.

Также стоит отметить инструменты по повышению производительности, оптимизации, отображению спрогнозированного состояния,

автоматизированное управление процессом для идентификации модели и проектирование MPC [3].

Все вышеперечисленные инструменты пакета «PCS7» реализуются на программном уровне при помощи дополнительных модулей для контроллеров и интеллектуальных датчиков, разрабатываемых компанией.

Решение от компании «Metso».

У компании есть своя среда разработки. Платформа «Metso Outotec АСТ» состоит из трех основных компонентов: «АСТ Designer», «АСТ Engine» и «интерфейс пользователя АСТ». «АСТ Designer» — это графическая среда разработки, позволяющая спроектировать схему управления технологическим процессом и настроить все параметры решения. «АСТ Engine» является средой выполнения приложений АСТ и взаимодействует с системой управления, используемой на предприятии. Интерфейс пользователя АСТ позволяет контролировать состояние решения. Он основан на веб-технологиях, поэтому поддерживает как стационарные устройства, так и мобильные.

Передовые технологии управления обеспечивают стабильность технологических процессов и постоянный уровень производительности предприятия. Чем меньше нештатных ситуаций, тем стабильнее производство. Высокая надежность оборудования позволяет организовать бесперебойную работу с максимальной продуктивностью, что повышает окупаемость капитальных инвестиций. Там, где опытные операторы могут лишь приблизиться к оптимальному уровню выработки, эффективная система управления позволит его достигнуть и уверенно поддерживать [4].

Среди разработанных систем можно выделить системы «RockSense» и «MillSense». «RockSense» (рис. 5) используется для мониторинга технологических потоков при помощи анализатора размера частиц. В такой системе используется технология лазерного формирования изображений, позволяющая точно измерить размеры частиц в руде на конвейерной ленте. Благодаря такой разработке можно оптимизировать предшествующие технологические процессы до контура измельчения руды.

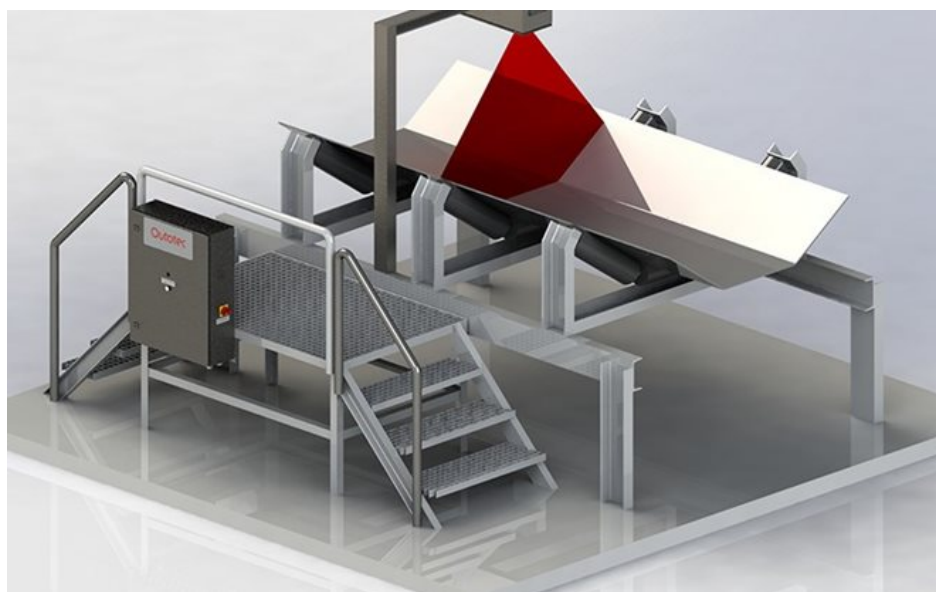


Рис. 5. Система «RockSense»

Преимущества системы: точное измерение размера частиц на основе 3D-профиля поверхности с ленты конвейера, стабилизация питания мельниц, сигнал прямой связи для контроллера мельницы, контроль работы дробилок, обнаружение крупных частиц, обнаружение нежелательных объектов, стабилизация работы мельниц благодаря измерению размеров частиц, эффективная аналитика работы контура измельчения [5].

Система «MillSense» (рис. 6) используется для мониторинга загрузки мельницы. Она измеряет угол наклона мельницы при помощи беспроводного датчика. Система помогает стабилизировать и оптимизировать процессы измельчения для обеспечения надежной работы и увеличения производительности.

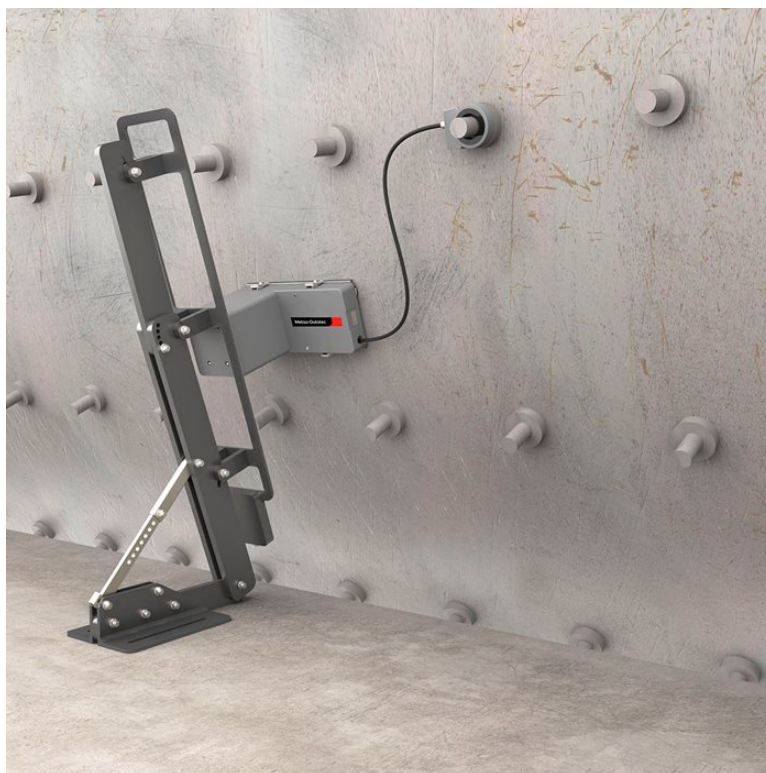


Рис. 6. Система «MillSense» [6]

Преимущества системы: уменьшение количества неожиданных остановок, оптимизация загрузки мельницы, уменьшение повреждения лайнера, стабильный процесс, повышение пропускной способности мельницы, индикация состояния мельницы.

В компании по сей день разрабатывают совместно с предприятиями проекты по внедрению СУУТП в производство. Основные направления: горная и промышленная металлургия, а также производство нерудных материалов.

Внедрение СУУТП на производстве – будущее направление автоматизации. Соединение технологий программирования с современным оборудованием позволяет достичь нового уровня качества и экономии ресурсов. Рост преимуществ по соотношению цена/преимущества будут особенно выражены для крупных систем, как это показано на рис. 7.

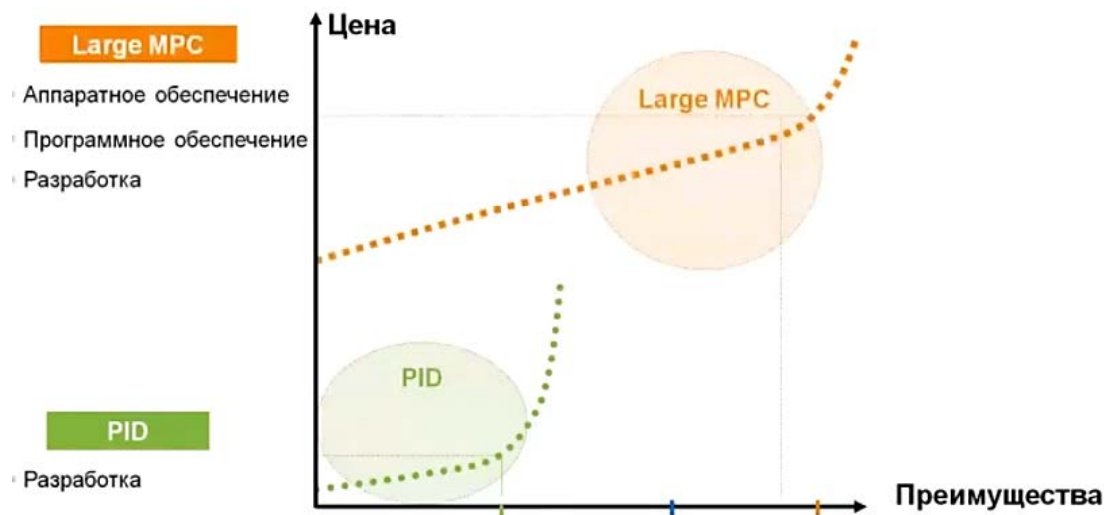


Рис. 7. Соотношение цена/преимущества для СУУТП

Внедрение таких технологий позволяет повысить преимущества системы, однако на разработку СУУТП необходимо вложить большое количество интеллектуальных и экономических средств. Стоит отметить, что затраты приходятся на начальный этап производства и уже за некоторое количество времени работы предприятия системы, как правило, окупают себя и позволяют выйти на высокий уровень качества продукции и сэкономить затраты производства на изготовление продукции.

Список литературы:

1. Усовершенствованное управление технологическими процессами: [сайт]. – URL: <https://www.explant.ru/experience/stati-arc> (дата обращения: 27.04.2022). – Текст: электронный.
2. Цифровая система автоматизации DeltaV™. Краткое описание: [сайт]. – URL: <http://www2.emersonprocess.com> (дата обращения: 28.04.2022). – Текст: электронный.
3. Вебинар Сименс. APC – система усовершенствованного управления технологическим процессом: [сайт]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=OGFk0T5KjY> (дата обращения: 30.04.2022). – Текст: электронный.
4. Metso Outotec Act: усовершенствованное управление техпроцессами: [сайт]. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/portfolio/act-advanced-process-control/> (дата обращения: 01.05.2022). – Текст: электронный.
5. Анализатор размера частиц RockSense: [сайт]. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/portfolio/rocksense-on-line-particle-analyzer-system/> (дата обращения: 01.05.2022). – Текст: электронный.
6. Сенсорная система Metso Outotec MillSense для мониторинга загрузки мельницы: [сайт]. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/portfolio/millsense/> (дата обращения: 01.05.2022). – Текст: электронный.

© Казанцев Р. В., 2022

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ВИДЕ АГРЕГАТА

Адъюнкт **Губарев Владислав Владимирович**,
Доктор технических наук, профессор **Королев Игорь Дмитриевич**,
Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С. М. Штеменко,
г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается вопрос представления автоматной модели специализированной автоматизированной информационной системы в виде агрегата.

Ключевые слова: информация ограниченного доступа, информационная система, конечный автомат, агрегат.

REPRESENTATION OF AN AUTOMATIC MODEL OF A SPECIALIZED AUTOMATED INFORMATION SYSTEM IN THE FORM OF A UNIT

Adjunct **Gubarev Vladislav Vladimirovich**,
Doctor of Technical Sciences, Professor **Korolev Igor Dmitrievich**,
Krasnodar Higher Military School
named after Army General S. M. Shtemenko,
Krasnodar, Russian Federation

Abstract. The article deals with the issue of representing an automaton model, a specialized automated information system in the form of a unit.

Keywords: restricted access information, information system, finite state machine, unit.

В настоящее время важнейшей задачей по достижению «цифровой зрелости» государства является совершенствование системы его управления, в первую очередь за счет широкого применения новых технологий и создания на их основе информационно-аналитических систем [1; 2].

Одним из направлений деятельности государственных организаций является обеспечение безопасности информации. Основу данной деятельности составляет строгий регламент допуска работников (граждан) к защищаемой информации. В частности, допуск работников (граждан) к информации ограниченного доступа (далее – ИОД) [3] регламентирован на уровне законодательства Российской Федерации [4] и представляет собой систему взаимосвязанных мероприятий, направленных на исключение допуска

(и ознакомления) с защищаемой информацией граждан, которые априорно могут допустить ее утечку (стать инсайдерами).

Мероприятия по допуску к ИОД могут включать [5]:

- изучение автобиографических данных граждан;
- оценку морально-деловых качеств (в том числе с использованием полиграфов);
- выявление медицинских противопоказаний для работы с ИОД;
- сверку с базами данных других организаций, а также силовых ведомств, на предмет связей с криминальным миром и т.п.

Вышеуказанные мероприятия организуются и выполняются соответствующими структурными подразделениями организации и взаимодействующими государственными органами.

В настоящий момент многие процессы, осуществляемые в рамках проводимых мероприятий, осуществляются в бумажном виде, что существенно снижает оперативность назначения на должности потенциальных кандидатов и тем самым может негативным образом влиять на работоспособность как отдельных структурных подразделений, так и всей организации в целом.

В целях повышения эффективности функционирования системы допуска к ИОД активно осуществляется автоматизация протекающих в ней процессов, но в настоящее время система автоматизирована лишь частично и, кроме того, не обеспечивает поддержку принимаемых решений ответственным должностным лицом.

Из вышеизложенного вытекает актуальность задачи по разработке специализированной автоматизированной информационной системы (далее - САИС), которая обеспечила бы не только уменьшение времени выполнения отдельных процессов за счет их автоматизации, но и обеспечила повышение обоснованности принимаемых решений за счет встроенного интеллектуального модуля [6].

Для решения данной задачи необходимо создание формализованной модели, описывающей процесс допуска граждан к ИОД.

Абстрагированно система допуска к ИОД представляет собой последовательную смену состояний конкретного гражданина во времени («не допущен к ИОД», «допущен к ИОД», «ознакомлен с ИОД» и т.д.) после проведения определенных операций (сбор, обработка информации о гражданине при допуске к ИОД, хранение информации об ознакомлении гражданина с ИОД, сбор и анализ информации о гражданине при работе с ИОД, выработка и принятие соответствующих управленческих решений).

Так как операции строго регламентированы и осуществляются в дискретные моменты времени, то для их моделирования целесообразно использовать математический аппарат теории автоматов [7].

Представим САИС в виде инициального конечного автомата [8], для чего обозначим протекающие в данной системе процессы как совокупности автоматных состояний с заданными переходами между ними. Формализованная модель САИС будет выглядеть следующим образом:

$$САИС = \langle A, B, C, b_0, \lambda, \delta \rangle, \quad (1)$$

где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – входной конечный алфавит, представляющий собой функционал САИС (решаемые задачи);

$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ – множество состояний САИС, которые она принимает в процессе функционирования;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ – выходной конечный алфавит, представляющий собой множество результатов функционирования САИС;

b_0 – начальное состояние САИС;

$\lambda: B \times A \rightarrow B'$ – функция переходов;

$\delta: B \times A \rightarrow C'$ – функция выхода.

Посмотрим автомат, отображающий САИС:

1. Определим возможные состояния автомата $B = \{b_1, b_2, \dots, b_7\}$: b_0 – состояние, соответствующее функционированию САИС в режиме ожидания; b_1 – состояние, соответствующее выполнению функции по оформлению допуска к ИОД; b_2 – состояние, соответствующее ожиданию допуска к ИОД; b_3 – состояние, соответствующее выполнению функции по обеспечению допуска граждан к ИОД (заключается в предоставлении работнику права работать с ИОД в соответствие с обязанностями); b_4 – состояние, соответствующее выполнению функции по прекращению допуска к ИОД; b_5 – состояние, соответствующее выполнению функции по учету осведомленности работника в ИОД; b_6 – состояние, соответствующее выполнению функции по обеспечению допуска к ИОД при командировании в другие организации; b_7 – состояние, соответствующее выполнению функции по ограничению прав граждан.

2. Зададим возможные значения входного алфавита, являющимися маркерами, определяющими начало выполнения возложенных на САИС функций $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{13}\}$: a_1 – сигнал на оформление допуска к ИОД – переводит автомат в состояние b_1 «оформление допуска к ИОД»; a_2 – сигнал «допуск оформлен» – переводит автомат в состояние b_2 «допуск к ИОД»; a_3 – сигнал «отказ в допуске» – переводит автомат в исходное состояние b_0 ; a_4 – сигнал «принятие решения о допуске к ИОД» – переводит автомат в состояние b_3 «обеспечение доступа к ИОД»; a_5 – сигнал «непринятие решения о допуске к ИОД» – переводит автомат в состояние b_4 «прекращение допуска к ИОД»; a_6 – сигнал «принятие решения о прекращении допуска к ИОД» – переводит автомат в начальное состояние b_0 ; a_7 – сигнал «ознакомление с ИОД» – переводит автомат в состояние b_5 «учет осведомленности»; a_8 – сигнал «осведомленность учтена» – переводит автомат в состояние b_3 «обеспечение доступа к ИОД»; a_9 – сигнал «направление в командировку» – переводит автомат в состояние b_6 «обеспечение доступа к ИОД в командировке»; a_{10} – сигнал «возвращение из командировки» – переводит автомат в состояние b_5 «учет осведомленности»; a_{11} – сигнал «возникновение обстоятельств для переоформления допуска к ИОД» – переводит автомат в состояние b_1 «оформление допуска к ИОД»; a_{12} – сигнал

«принятие решения об ограничении» – переводит автомат в состояние b_7 «выработка решения об ограничении»; a_{13} – сигнал «решение принято» – переводит автомат в начальное состояние b_0 .

3. Зададим возможные значения выходного алфавита $C = \{c_0, c_1, \dots, c_{13}\}$: c_0 – отсутствие сигнала на выходе; c_1 – сигнал «номер допуска» формируется по положительным результатам проведения проверочных мероприятий при оформлении допуска; c_2 – сигнал «ответ об отказе в допуске к ИОД», соответствует отрицательному результату проведения проверочных мероприятий при оформлении допуска; c_3 – сигнал «допуск к ИОД оформлен», соответствует положительному результату оформления допуска; c_4 – сигнал «решение о допуске не принято» формируется в случае непринятия решения о допуске в течении установленного срока; c_5 – сигнал «допуск прекращен» формируется после проставления соответствующей отметки в учетных документах; c_6 – сигнал «данные об ознакомлении» формируется после фактического ознакомления лица с ИОД; c_7 – сигнал «осведомленность учтена» формируется после фиксации данных об ознакомлении; c_8 – сигнал «обстоятельства для переоформления» формируется в случае выявления обстоятельств для переоформления допуска к ИОД; c_9 – сигнал «направление в командировку» формируется при возникновении необходимости ознакомления с ИОД в других организациях; c_{10} – сигнал «оценка деятельности гражданина» соответствует анализу оценки необходимости наложения ограничений; c_{11} – сигнал «оценка» формируется после прекращения допуска к ИОД для оценки необходимости наложения ограничений; c_{12} – сигнал «принятие решения» формируется по результатам оценки всех факторов, влияющих на возможность ограничения граждан.

На основе введенных обозначений построим таблицу переходов (Таблица 1) и граф конечного автомата САИС (рис. 1).

Таблица 1 – Таблица переходов автомата САИС

$\lambda : B \times A \rightarrow B'; \delta : B \times A \rightarrow C'$								
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
a_1	b_1/c_0							
a_2		b_2/c_1						
a_3		b_0/c_2						
a_4			b_3/c_3					
a_5			b_4/c_4					
a_6					b_0/c_5			
a_7				b_5/c_6				
a_8						b_3/c_7		
a_9				b_6/c_9				
a_{10}							b_5/c_6	
a_{11}				b_1/c_8				
a_{12}					b_7/c_{10}			
a_{13}								b_6/c_{11}

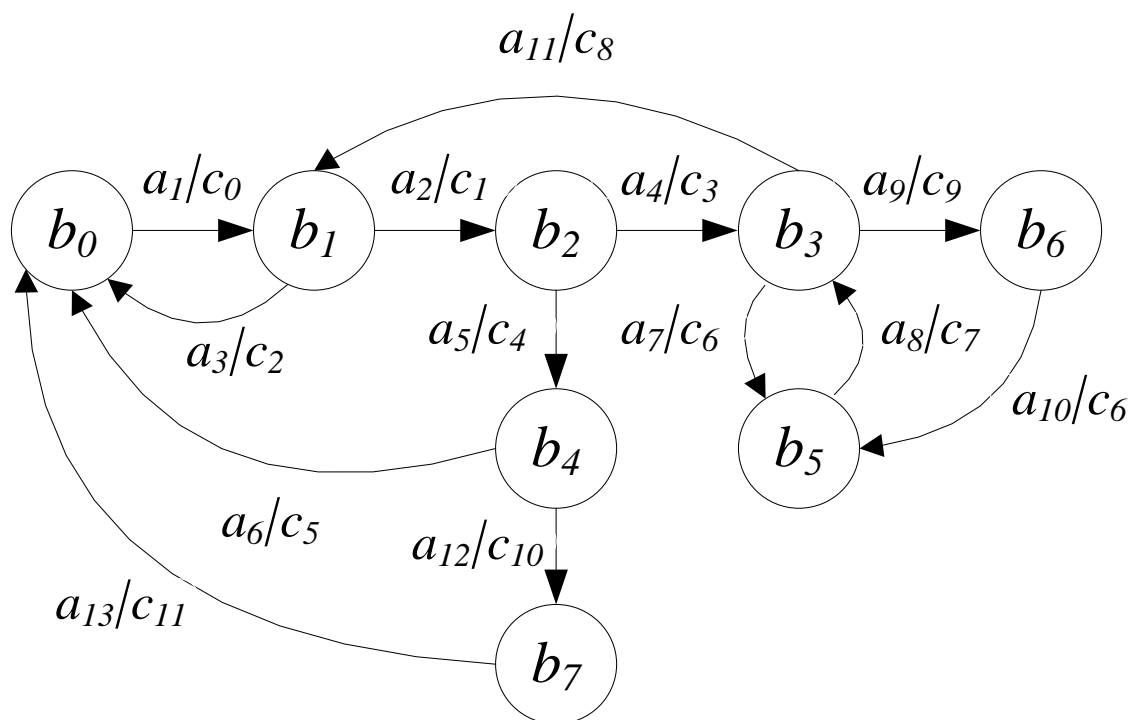


Рис. 1. Автоматная модель САИС

В начальный момент времени $t = 0$ САИС находится в начальном состоянии $b_0 \in B$. В моменты времени $t = 1, 2, \dots, n$ на вход САИС поступает последовательность сигналов $a(1), a(2), \dots, a(n)$. Состояние САИС в момент t обозначим $b(t)$. Тогда процесс смены состояний САИС определяется рекуррентным соотношением:

$$b(t+1) = \lambda(b(t), a(t)) \quad (2)$$

В каждый момент времени $t = 1, 2, \dots, n$ САИС посылает выходной сигнал $c(t)$, определяемый соотношением:

$$c(t) = \delta(b(t)) \quad (3)$$

Предложенная модель позволяет описать процесс функционирования САИС, регламентированного требованиями нормативно-правовых актов Российской Федерации, в целом. Вместе с тем, САИС представляет собой сложную организационно-техническую систему, состоящую из множества различных элементов и подпроцессов, для описания которых могут быть использованы другие математические схемы.

При возникновении необходимости дальнейшей декомпозиции рассматриваемой системы для более детального изучения и описания протекающих процессов предлагается от автоматной модели перейти к унифицированной схеме функционирования сложной системы, предложенную Н. П. Бусленко, позволяющую единообразно описать все элементы системы [8; 9; 10] и называемую «агрегатом».

Представим автоматную модель САИС в виде агрегата.

Для этого введем множества и операторы, соответствующие рассматриваемой автоматной модели САИС:

T – множество моментов времени, $t \in T$ – момент времени;

X – множество входных сигналов, $x \in X$ – входной сигнал;

G – множество управляющих сигналов, $g \in G$ – управляющий сигнал;

Y – множество выходных сигналов, $y \in Y$ – выходной сигнал;

Z – множество состояний агрегата, $z \in Z$ – состояние агрегата;

V – пространство параметров агрегата, $v \in V$ – конструктивный параметр;

Будем считать, что состояния, входные, выходные и управляющие сигналы являются функциями времени, а оператор переходов H и оператор выходов G реализуют функции $z(t)$ и $y(t)$.

Для каждого значения конструктивного параметра $v \in V$ и управляющего сигнала $g \in G$ в рассматриваемом пространстве состояний агрегата Z определим множество $Z_{(g,v)}^Y = Z$, которое изменяется в моменты поступления очередных сигналов управления $g(t)$.

Построенный таким образом агрегат будет функционировать в точности так же, как исходный автомат:

$$z(t+1) = H[z(t), x(t)] = \varphi[z(t), x(t)] \quad (4)$$

$$y(t) = G[z(t)] = \delta[z(t)] \quad (5)$$

Выходные сигналы выдаются в моменты времени $t = 1, 2, \dots, n$. Выбрав в качестве конструктивных параметров v функции λ и b , получим агрегат, изменяющий свои состояния под воздействием управляющего сигнала.

Преобразование автоматной модели САИС в агрегатную позволяет провести декомпозицию рассматриваемой системы и описать ее отдельные элементы простыми математическими схемами.

Список литературы:

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 – Текст: непосредственный // Российская газета. – 2020. – С. 1-2.
2. Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы: указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. – Текст: непосредственный // Российская газета. – 2017. – С. 2-4.
3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ. – Текст: непосредственный // Собрание законодательства. – 2006. – № 31 – ст. 3448.
4. О государственной тайне: закон Российской Федерации от 21.07.1993 № 5485-1. – Текст: непосредственный // Российская газета. – 1993. – С. 1–2.
5. Инструкция о порядке допуска должностных лиц и граждан Российской

Федерации к государственной тайне, утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2010 г. № 63. – Текст: непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010.

6. Королев, И. Д. Автоматизация системы допуска к государственной тайне / Королев И. Д., Губарев В. В. – Текст: непосредственный // Информационная безопасность – актуальная проблема современности. Совершенствование образовательных технологий подготовки специалистов в области информационной безопасности. – 2020. – Т. 1. – № 2-1 (13). – с. 25–29.

7. Губарев, В. В. Построение автоматной модели системы допуска к государственной тайне на основе IDEF0-модели / Губарев В. В. – Текст: непосредственный // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2021. – № 4 (36). – с. 77-82.

8. Хопкрофт, Джон Э. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд.: Пер. с англ. / Джон Э. Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джеффри Д. Ульман – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 528 с. – Текст: непосредственный.

9. Бусленко, Н. П. Лекции по теории сложных систем / Н. П. Бусленко, В. В. Калашников, И. Н. Коваленко – М.: Изд-во «Советское радио», 1973. – 440 с. – Текст: непосредственный.

10. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко – М.: Изд-во «Наука», 1968. – 356 с. – Текст: непосредственный.

© Губарев В. В., Королев И. Д., 2022

**АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМОСТИ ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
«СТАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ» (SPC)**

Студент **Махмудова Арина Собировна**,
Научн. руководитель: доцент **Сабитов Альфир Фаридович**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В работе приводится характеристика статического управления процессами (SPC), одного из методов управления качеством производства. Анализ применимости указанного метода приводится на примере внедрения метода SPC в пищевой промышленности. В результате работы приводятся рекомендации по внедрению данного инструмента управления качеством в производственный процесс.

Ключевые слова: качество, управление качеством, инструменты управления качеством, производственный процесс, статическое управление процессами (SPC).

**QUALITY MANAGEMENT TOOL «STATIC PROCESS CONTROL» (SPC)
APPLICABILITY FOR PRODUCTION PROCESSES ANALYSIS**

Student **Mahmudova Arina Sobirovna**,
Academic Adviser: PhD in Technology, Associate Professor
Sabitov Alfir Faridovich,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. This Paper describes the characteristics of one quality control implementation methods, Static Process Control (SPC). Applicability analysis is exposed on the example of the SPC method implementation in the food industry. As a result of the work, recommendations for SPC quality control tool applicability are given.

Keywords: quality, quality management, quality management tools, production process, static process control (SPC).

Конкурентоспособность любого производственного предприятия опирается в том числе на строго выстроенные бизнес-процессы: разработка и планирование, технологические процессы производства и обработки, процессы обеспечения сбыта. Отсюда можно сделать вывод о необходимости в

постоянном совершенствовании описанных процессов для обеспечения возможности сохранения на рынке. Ключевым показателем эффективности описанных выше процессов является их качество.

В зависимости от типа производства показатели качества могут быть совершенно отличны друг от друга. Так, например, в случае с горнодобывающей промышленностью целесообразно оценивать чистоту материалов, квалификацию сотрудников и износ инструментов. Если речь, например, идет о текстильной промышленности, то принципиально важными показателями можно считать плотность пряжи и ткани, художественно-колористическое оформление, наименование пряж и нитей. В обоих случаях для обеспечения производства критически необходимы стабильность описанных критериев в процессе производства, а также соответствие установленным требованиям. Тем не менее, любой показатель качества продукции или услуги не может оставаться абсолютно стабильным в ходе производства. На изменчивость критериев влияет бесчисленное множество факторов, что лишь подчеркивает потребность в работоспособной системе менеджмента качества (СМК).

В общем случае, можно выделить две группы причин, приводящих к изменчивости параметров, по которым оценивают качество производимых изделий и предоставляемых услуг:

Общие (случайные) – источники изменчивости, которые встречаются в ходе нормального протекания производственного процесса. Примерами могут послужить изменение плотности и твердости материала, его чистоты или, например, погрешность, возникающая в связи с неточной установкой заготовки на производственном месте. В целом, такие причины можно объяснить свойствами исходной производственной системы.

Специальные – причины, вызывающие изменчивость в процессе в следствии совокупности причин, влияющих на систему извне. Связаны такие причины с незапланированным течением производственного процесса [1].

Стабильность процесса характеризуется возможностью сохранять постоянство закона распределения вероятностей отдельных параметров процесса в течении наперед заданного промежутка времени. Также необходимо дать определение основополагающей характеристике производственного процесса, точности. Точностью можно назвать наименьшее расхождение действительных параметров выпускаемой продукции с заданными.

С целью обеспечения стабильности выпускаемой продукции, ее высокого качества применяют многие инструменты проектного управления организацией производства. В данной статье рассматривается один из методов обеспечения качества производства, а именно Static Process Control (SPC) – статистическое управление процессами. Он вложен в состав инструментов международного стандарта ISO-IATF 16949. Основное назначение данного инструмента – управление качеством продукции «непосредственно в ходе производства» вместо проведения контрольных проверок для обнаружения дефектов и уже случившихся инцидентов. Данный инструмент позволит достичь следующих задач [2]:

– Подтвердить соответствие технологического процесса установленным техническим требованиям. Это достигается в ходе анализа производственного процесса, после чего на основании полученных результатов предлагаются рекомендации по устранению обнаруженных недостатков.

– Определить, протекает ли процесс в рамках статистически управляемого состояния. Если процесс находится в статистически управляемом состоянии, то в ходе анализа становится ясно, как он будет себя вести в будущем, и возможно ли прогнозировать его результаты.

– Отследить тренды изменения параметров технологического процесса на ранних этапах, что позволит не допустить критической дестабилизации процесса.

– Отследить тренды улучшения технологического процесса посредством снижения изменчивости.

Статическое управление процессами своими целями ставит:

- Достижение статистически управляемого состояния процесса;
- Поддержание процесса в статистически управляемом состоянии;
- Оптимизацию производственного процесса, внедрение новых возможностей обеспечения уже заданных технических требований, а также достижение более строгих требований к качеству.

Распределение значений показателя качества для различных выборок отличается незначительно, то есть стабильно во времени и предсказуемо, если на систему действуют только случайные факторы. Подобный процесс называют «статистически управляемым». Пример такого статически управляемого процесса представлен на рис. 1.

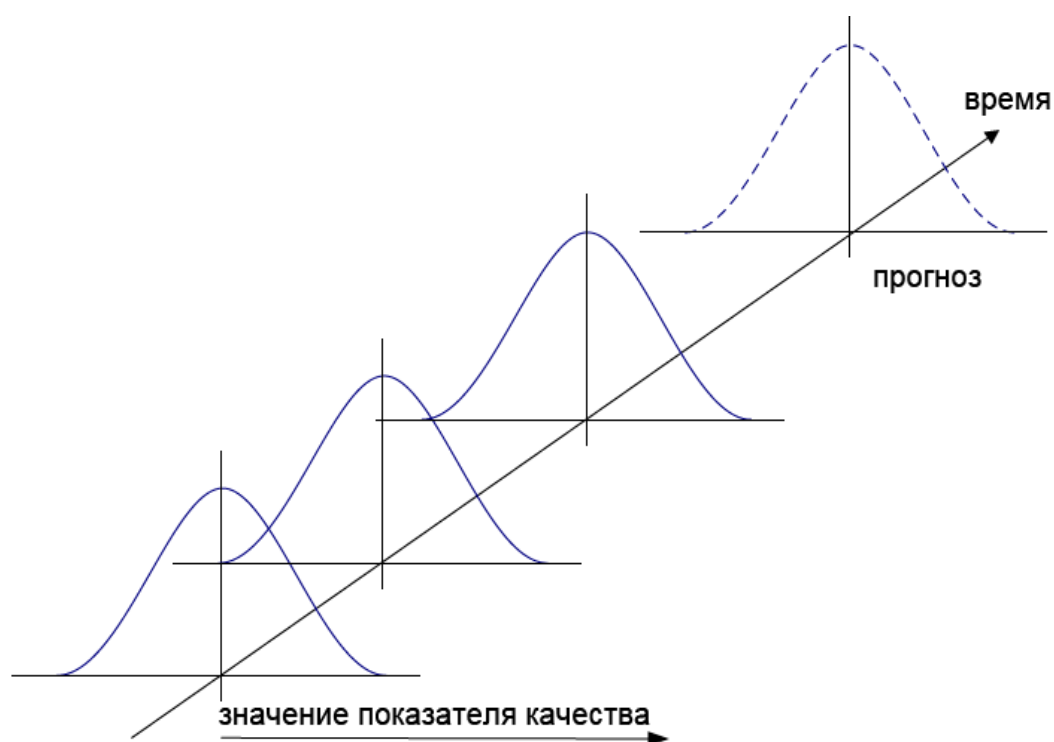


Рис. 1. Поведение статистически управляемого процесса

Внешние по отношению к процессу причины, обычно проявляющиеся нерегулярно. Примерами могут послужить переналадка станка, изменение технологических режимов производства, низкая квалификация оператора станка, влекущая за собой множественные ошибки. Они, безусловно, могут оказать существенное отрицательное и, что важнее, непредсказуемое влияние на показатели качества. В результате воздействия внешних факторов на производственный процесс он становится нестабильным, а значит, статически неуправляемым, как показано на рис. 2 [3; 4].

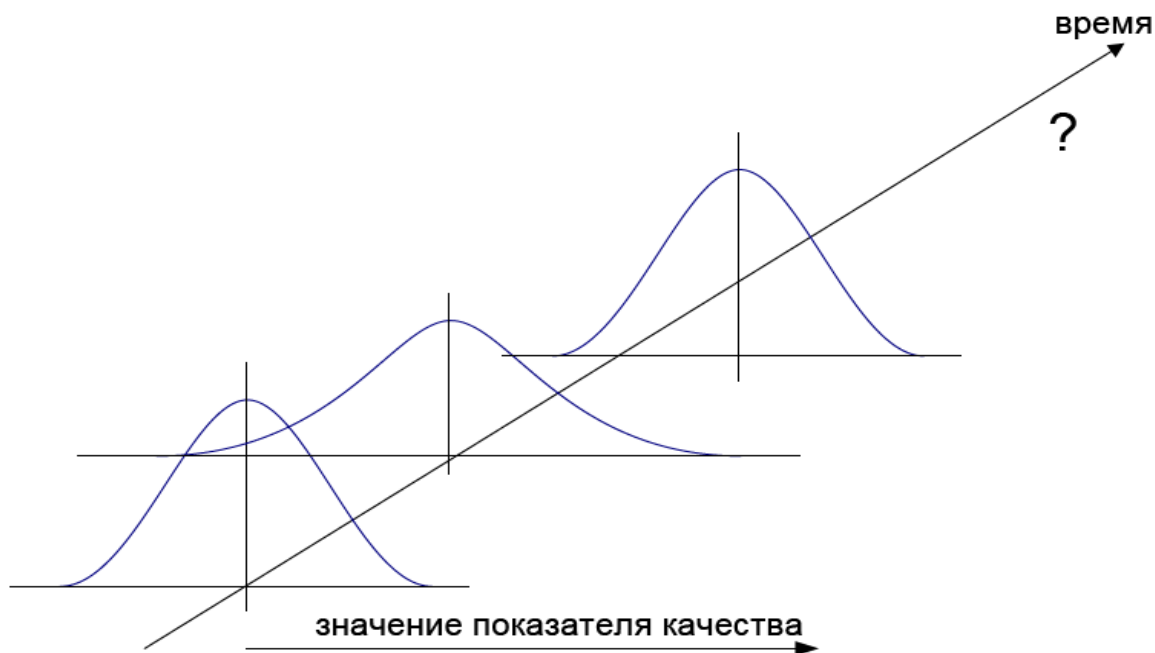


Рис. 2. Поведение статистически неуправляемого процесса

Наглядным примером эффективности использования инструмента управления качеством, о котором ведется речь в данной статье, может послужить опыт его применения в различных видах промышленных производств. Наиболее часто статическое управление процессами можно встретить в системе менеджмента качества предприятий, производящих автомобили, изделия для авиационной и аэрокосмической промышленности, высокоточные станки. Однако существует и другой пример внедрения описываемого инструмента, а именно пищевая промышленность. Эта отрасль, разумеется, подразумевает необходимость соблюдения строгого контроля качества выпускаемой продукции, к качеству которой предъявляются высокие требования. Помимо множественных проверок качества пищевой продукции возросла потребность в необходимости обеспечения сохранности продуктов в течении как можно более долгого времени. Важным фактором, повлиявшим на модернизацию системы менеджмента качества пищевого производства, стало возросшее разнообразие логистических цепочек поставки сырья, и как следствие, возросшая вариативность в его качестве.

Всерьез о внедрении современной СМК можно говорить с конца 1950-х годов, после череды предшествующих событий. Во-первых, в конце 1940-х годов Эдвардс Деминг опубликовал работу о возможности применения контрольных

карт Шухарта в перерабатывающей промышленности, что повлекло за собой уменьшение разброса качества поставляемого на производства сырья. Во-вторых, в 1950-х годах публиковались исследования о применении инструментов статического анализа в области выборочного контроля сырья, а также контроля промежуточных этапов производства пищевых изделий. В результате первым успешным применением инструментов статического управления процессами стала модернизация процесса наполнения контейнеров, что позволило решить проблемы с детализацией веса нетто, а также уменьшить количество отклонений конечной продукции [5].

Важно отметить то, что ключевую роль в распространении инструментов статического управления качеством, а именно: статического управления процессами (SPC), всеобщего управления качеством (TQC), статистического контроля качества (SQC), сыграло принятие закона о безопасности пищевых продуктов и защите прав потребителей. Появилась необходимость в постоянном совершенствовании существующей системы менеджмента качества на предприятиях, а также проведения исследований об эффективности внедрения новых инструментов менеджмента качества [5].

В дальнейшем еще одним важным аспектом, повлекшим за собой внедрение более строгих требований, предъявляемых к качеству пищевых продуктов, стала цепочка вспышек болезней пищевого происхождения. В результате появилась новая система мониторинга качества пищевой продукции, анализ рисков и критических контрольных точек (НАССР), в формировании которой важную роль сыграли инструменты статического управления процессами.

В первую очередь, система менеджмента качества производства пищевых продуктов стала стремительно развиваться в результате ужесточения требований к качеству извне. Ключевыми катализаторами стремительного развития СМК стало образование Американского общества контроля качества, внедрения ряда законов, предписывающих требования к качеству пищевых продуктов, главным из которых стал закон о безопасности пищевых продуктов и защите прав потребителей. Кроме того, в результате развития логистических цепочек, появилась возможность приобретать сырье в разных местах, использовать различные способы транспортировки сырья, использовать новые инструменты увеличения срока годности производимой продукции, развивать разнообразие логистических цепочек сбыта произведенной продукции. Все это привело к возможности и необходимости формирования конкурентных рынков сбыта. Важно также отметить и появление потребности в новых научных исследованиях о применимости уже существующих и новых методов контроля качества продукции в отрасли пищевой промышленности, что привело к качественному развитию СМК на предприятиях.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о возможности применения статического управления процессами в качестве инструмента менеджмента качества на отечественных производствах. Прежде всего, необходимость в развитии системы менеджмента качества возникает в случае влияния внешних факторов: конкурентный рынок, ужесточение требований в

области качества со стороны государственных организаций, появление потребности в производстве новых изделий и продуктов и, как следствие, оптимизация СМК. Внедрение новых инструментов менеджмента качества и статического управления процессами, в частности, должно отвечать оптимизационным задачам, а именно: установление соответствия технологического процесса установленным техническим требованиям, оптимизации технологического процесса, мониторинг трендов изменения технологического процесса, выявление критических точек, негативно влияющих на последующее качество выпускаемой продукции. Важно также отметить, что применение метода статического управления процессами становится эффективным при совместном использовании с другими инструментами, например, всеобщим управлением качеством (TQC), статистическим контролем качества (SQC).

Список литературы:

1. Быков, Ю. М. SPC. Статистическое управление процессами / Ю. М. Быков, С. Ю. Быков – Москва: ТЕМ Консалтинг, 2017. – 49 с. – Текст: непосредственный.
2. Григорьев, Л. Ю. Стратегия компании и цели в области качества / Л. Ю. Григорьев, И.И. Корушев – Москва: Методы менеджмента качества, 2009. – № 7. – С. 4-9. – Текст: электронный.
3. Адлер, Ю. П. Контрольные карты Шухарта в действии / Ю. П. Адлер, В. Л. Шпер – Москва: Методы менеджмента качества, 2004. – № 2. – С. 34-37 – Текст: электронный.
4. Адлер, Ю. П. Контрольные карты Шухарта для качественных признаков / Ю. П. Адлер, В. Л. Шпер – Москва: Методы менеджмента качества, 2004. – № 2. – С. 42-48 – Текст: электронный.
5. Лим, С. А. Х. Статическое управление процессами (SPC) в пищевой промышленности / С. А. Х. Лим, Дж. Энтони, С. Албливи. – Текст: электронный // Тенденции в пищевых науках и технологиях. – 2014. – С. 4-31. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224414000685> (дата обращения: 11.04.2022).

© Махмудова А. С., 2022

ВЫБОР ОБЩЕГО КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой прикладной математики и информатики

Яковлев Валерий Петрович,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,

Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматриваются: состав современной системы контроля выбросов парниковых газов, методы измерения концентраций загрязняющих веществ, методы оценки погрешности автоматизированных систем контроля, математический аппарат критериального анализа для оптимального выбора газоаналитических систем, рассмотрены варианты введения общего критерия эффективности системы контроля выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: критерии оптимальности, системы контроля, парниковые газы, методы измерения, допуск погрешности, общий критерий эффективности.

SELECTION OF A GENERAL EFFICIENCY CRITERION FOR A GREENHOUSE GAS EMISSION CONTROL SYSTEM

PhD in Technology, Associate Professor,

Head of the Department of Applied Mathematics and Informatics

Yakovlev Valeriy Petrovich,

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,

Higher School of Technology and Energy,

Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The paper considers: the composition of a modern greenhouse gas emission control system, methods for measuring pollutant concentrations, methods for estimating the error of automated control systems, the mathematical apparatus of criteria analysis for the optimal choice of gas analytical systems, options for introducing a general efficiency criterion for a greenhouse gas emission control system are considered.

Keywords: optimality criteria, control systems, greenhouse gases, measurement methods, error tolerance, general efficiency criterion.

Известно, что в состав автоматизированных систем контроля (АСК) выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу, как правило, входят: первичные средства измерений нижнего уровня, информационная сеть, средства сбора, обработки, хранения и передачи информации, средства регистрации и отображения результатов измерения [1].

Одним из основных элементов АСК является газоаналитическое оборудование. Системы непрерывного контроля концентраций загрязняющих веществ в отходящих газах по принципу действия используемых газоанализаторов бывают двух типов.

К первому типу относятся газоанализаторы с отбором и транспортированием пробы газа (экстрактивные, или пробоотборные).

Ко второму типу относятся газоанализаторы без отбора пробы, устанавливаются по месту измерения (или «in-situ»).

«При выборе метода измерения концентраций загрязняющих веществ и непосредственно марки газоанализатора необходимо принимать во внимание то, что допустимая погрешность измерения концентраций загрязняющих веществ должна соответствовать определенным требованиям. Измерения выбросов являются косвенными. Максимальная относительная погрешность измерения выбросов в случае определения расхода дымовых газов через их скорость вычисляется по формуле:

$$\delta = k \sqrt{\delta_c^2 + \delta_v^2 + \delta_f^2 + \sum \delta_i^2}, \quad (1)$$

где δ – максимальная относительная погрешность измерения выброса по каждому загрязняющему веществу;

δ_c – предел допускаемой относительной погрешности газоанализатора по измеряемому загрязняющему веществу;

δ_v – предел допускаемой относительной погрешности измерения скорости дымовых газов;

δ_f – предел относительной погрешности измерения площади поперечного сечения газохода;

δ_i – предел относительной погрешности измерения других составляющих (давления, температуры, влажности отходящих газов);

k – коэффициент, равный 1,1 при доверительной вероятности 0,95 и 1,4 – при доверительной вероятности 0,99.

Из формулы (1) видно, что допустимая погрешность газоанализатора зависит от суммарной погрешности других средств измерения, входящих в состав системы измерения» [1].

Согласно требованиям нормативной документации [2], суммарная относительная погрешность δ измерения выбросов газообразных загрязняющих веществ не должна превышать $\pm 20\%$.

Если предел допускаемой относительной погрешности измерения скорости дымовых газов δ_v принять равным 5%, предел относительной погрешности измерения площади поперечного сечения дымовой трубы δ_f – равным 1%, а предел относительной погрешности измерения других составляющих δ_i – 2%, то можно определить предел допускаемой относительной погрешности газоанализатора по измеряемому загрязняющему веществу δ_c . Поэтому еще на стадии разработки технических решений и проектирования АСК следует, используя формулу (1), выбрать приборы таким образом, чтобы соблюдалось условие $\delta \leq \pm 20\%$ во всем диапазоне рабочих концентраций загрязняющих веществ и расходов отходящих газов. В противном случае необходима замена средств измерений.

Можно выделить три метода измерения скорости (расхода) газов: ультразвуковой, пневмометрический (по переменному перепаду давления) и с помощью сужающих устройств (по переменному перепаду давления).

Особенность ультразвукового метода заключается в автоматическом определении средней скорости газового потока вдоль оси измерения. Метод бесконтактный (прямой) характеризуется хорошими рабочими характеристиками в сложных условиях эксплуатации.

Пневмометрический метод основан на измерении разности полного и статического давления в потоке измеряемого газа. Эта разность представляет собой динамический напор, пропорциональный квадрату скорости. По величине динамического напора определяется скорость потока.

В работе [1] сделан вывод о том, что имеет место большое количество «аспектов, влияющих на выбор аналитического оборудования для автоматизированных систем контроля и учета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу. Основными факторами, определяющими выбор того или иного способа измерения (аналитического оборудования), являются, прежде всего, его стоимость и применимость к данному технологическому процессу, а также требуемая погрешность измерений, низкие эксплуатационные расходы и возможность удаленного контроля за работой системы».

Одним из основных контролируемых параметров является объем массовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в г/сек или тонн/год, получаемый как произведение измеренной концентрации на объем отходящих газов, приведенных к нормальным условиям.

Для определения массового выброса загрязняющих веществ в месте отбора пробы должен быть рассчитан объемный расход сухих отходящих газов. Для этого необходимо измерить скорость/объем, влажность, температуру и давление потока отходящих газов. На основании этих данных для каждой конкретной системы АСК, в случае необходимости можно рассчитать погрешность определения массового выброса.

Выбор конкретных газоаналитических систем связан с определенными трудностями, так как все они имеют свои преимущества и недостатки, и для оптимального выбора оборудования требуется учесть множество различных факторов и параметров, то есть данная задача является многокритериальной. Причем ряд критериев могут противоречить друг другу (например, высокие технические возможности могут усложнять эксплуатацию системы и повышать ее стоимость) и не иметь количественной оценки. Однако выбор газоаналитических систем должен быть максимально объективным, не зависящим от предпочтений отдельных экспертов и специалистов.

В работе [3] для оптимального выбора газоаналитических систем был предложен достаточно объективный математический аппарат критериального анализа. На основании анализа основных технических характеристик газоаналитических систем и их назначения автором работы были предложены 2 группы критериев оптимального выбора газоанализаторов, позволяющих обеспечить соответствие проектируемых АСК тепловых электростанций новым природоохранным требованиям российского законодательства при переходе на принципы наилучших доступных технологий.

В качестве критериев первой группы (с наивысшим приоритетом) в работе были предложены:

- полный перечень веществ, подлежащих контролю;
- требуемые диапазоны измерений всех веществ;
- относительная погрешность измерения;
- максимально допустимая температура газов в точке отбора пробы или установки датчиков.

В качестве критериев второй группы были определены:

- гарантийный срок эксплуатации;
- расчетный срок эксплуатации;
- сложность обслуживания;
- наличие и расположение сервисных центров;
- стоимость полного комплекта оборудования.

В качестве методологической основы для принятия решения по оптимальному выбору газоаналитической системы с помощью многокритериального анализа в работе был предложен метод анализа иерархий. Суть данного подхода заключается в попарном сравнении критериев по их влиянию на конечную цель. Рассматривая путь решения задачи для АСК, можно выбрать в качестве варианта, как наиболее важные, следующие критерии:

В качестве критериев первой группы (с наивысшим приоритетом):

- требуемые диапазоны измерений всех веществ;
- относительная погрешность измерения;
- максимально допустимая температура газов в точке отбора пробы или установки датчиков.

В качестве критериев второй группы:

- гарантийный срок эксплуатации;
- сложность обслуживания;
- стоимость полного комплекта оборудования.

Для рассматриваемой задачи характерна ситуация, когда есть ряд показателей эффективности, желательность максимизации (или оптимизации) которых не вызывает сомнения, но нет четких представлений о виде общего критерия, т. е. едином показателе.

Выбор общего критерия эффективности находится в распоряжении лица, принимающего решение (ЛПР). Варианты введения общего критерия, называемых способами свертки критериев эффективности, отличаются достаточно большим разнообразием. Наиболее распространенными способами свертки критериев эффективности являются: суммирование с весовым коэффициентом; переход от критериев количественных к качественным; логические способы свертки; обобщенные логические способы свертки.

Из литературы, например, [4], известны методы решения задач многокритериальной оптимизации: метод последовательных уступок; метод идеальной точки; метод ограничений (субоптимизация); метод приоритетов (лексикографическая оптимизация).

Метод последовательных уступок применяется в случае, когда частные критерии могут быть упорядочены в порядке убывания по важности.

Этот метод не всегда приводит к эффективному решению. Поэтому практически метод реализуется так, что ЛПР в режиме диалога анализирует точки на границе Парето и соглашается остановиться на некоторой компромиссной.

Метод идеальной точки состоит в отыскании на границе Парето точки, ближайшей к точке утопии, задаваемой лицом, принимающим решение (ЛПР). Обычно ЛПР формирует цель в виде желаемых значений показателей, и часто в качестве координат целевой точки выбирается сочетание наилучших значений всех критериев.

Субоптимизация или метод *ограничений* заключается в том, что выделяется один частный критерий, а остальные переводятся в ограничения в виде условий достижимости определенного значения.

Лексикографическая оптимизация, или метод приоритетов, основан на введении отношения порядка критериев по относительной важности. Критерии пронумеровываются таким образом, что функция (критерий оптимальности) $f_1(x)$ считается самым важным показателем, а последняя по номеру $f_m(x)$ – наименее важной. Далее рассматривается задача последовательной оптимизации $f_1(x), \dots, f_m(x)$. Сначала решается задача $f_1(x) \rightarrow \max, x \in X$. Если множество полученных оптимальных стратегий содержит более одной точки, решается задача максимизации критерия $f_2(x)$ на этом множестве. И так далее, до тех пор,

пока не будут рассмотрены все критерии или найдено единственное решение задачи.

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Имеют место различные подходы к выбору общего критерия эффективности для системы контроля выбросов парниковых газов.
2. Выбор подхода зависит от лица, принимающего решение.
3. Наиболее приемлемым видится комплексное использование вариантов решения задачи, с последующим обобщением полученных результатов.

Список литературы:

1. Богданович, И. А. Автоматизированные системы контроля и учета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу / И. А. Богданович – Текст: непосредственный // Научно-производственный журнал «Энергетика и ТЭК». – 2010.

2. ТКП 17.13.01-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Мониторинг окружающей среды. Правила проектирования и эксплуатации автоматизированных систем контроля за выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух». – Текст: непосредственный.

3. Кондратьева, О. Е. Научно-методические основы разработки и внедрения систем непрерывного контроля и учета выбросов тепловых электростанций: специальность 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Кондратьева Ольга Евгеньевна. – Москва: МЭИ, 2017. – 40 с. – Текст: непосредственный.

4. Горелик, В. А. Теория принятия решений: учебное пособие для магистрантов / В. А. Горелик. – Москва: МПГУ, 2016. – 152 с. – Текст: непосредственный.

© Яковлев В. П., 2022

СНИЖЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА РАЗРЫВ ПОД НАТЯЖЕНИЕМ

Студент **Горобец Александр Игоревич**,
Севастопольский государственный университет,
г. Севастополь, Российская Федерация

Аннотация. Ползучесть для провода воздушной линии (далее ВЛ) является основной проблемой. Так как провода ВЛ закрепляются на опорах с определенным усилием и во время эксплуатации провода температура окружающей среды меняется, и сам провод, когда через него проходит электричество, нагревается, то эффект ползучести может привести к обрыву провода.

Ключевые слова: воздушная линия, ползучесть, провод, алюминиевый сплав, разрыв, усилие.

REDUCING THE STRENGTH OF OVERHEAD LINE WIRES TO BREAK UNDER TENTION

Student **Gorobets Aleksandr Igorevich**,
Sevastopol State University,
Sevastopol, Russian Federation

Abstract. Creep for the wires of the overhead line (OHL) is the main problem. Since the wires of the overhead line are fixed on supports with reinforcement, and during the operation of the wires, the ambient temperature changes and the wire itself changes when the heating voltage passes through it, the pleasure effect can manifest itself in the wires breaking.

Keywords: overhead line, creep, wire, aluminum alloy, break, force.

Предлагается провести испытания провода марок А и АС на ползучесть и разрыв под натяжением.

Для алюминия и алюминиевых сплавов характерно явление ползучести – при приложении механического усилия деформация не устанавливается, а медленно увеличивается, вплоть до разрыва. Явление ползучести для алюминиевых сплавов рассматривается обычно для температур от 200°C. В [1] приведены кривые зависимости деформации от времени для алюминиевого сплава 5083-Н116. В рассмотренных условиях разрыв образца при напряжениях 120-160 МПа происходит с большой задержкой после момента приложения усилия, в течение часов.

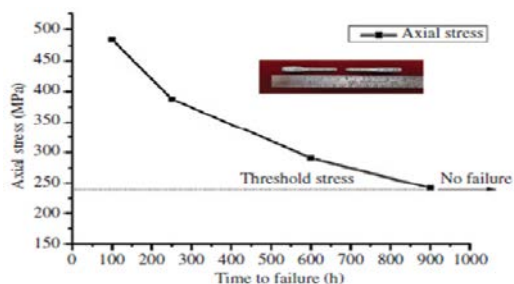


Рис. 1. Зависимость времени разрушения от приложенного мех. напряжения [1]

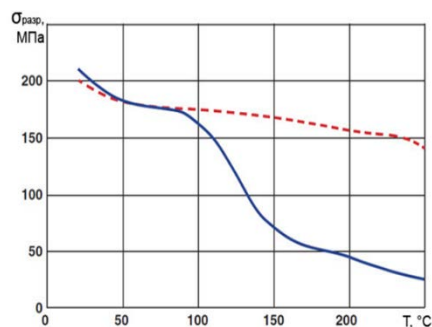


Рис. 2. Зависимость предела прочности на разрыв от температуры [1]

Экспериментальные результаты изучения ползучести алюминиевого сплава при нормальной температуре, но при погружении образцов в раствор соленой воды представлены в [2]. Здесь изучается разрушение при коррозии под нагрузкой, причём коррозия облегчена наличием агрессивной среды (солёной воды). В таких условиях от подачи механического усилия до разрушения может пройти 600 часов, т. е. 25 дней.

На рис. 2 зависимость предела прочности на разрыв от температуры для алюминия марки АТ, из которого изготавливают проволоки проводов ВЛ (сплошная синяя линия) и для алюминиево-циркониевого сплава ZTAL (красная штриховая линия). Прочность на разрыв алюминия АТ быстро падает с увеличением температуры после $T=90^{\circ}\text{C}$.

В данном исследовании предлагается методика определения разрывного усилия для провода марки А и АС, состоящая из двух этапов:

- а) измерение зависимости растяжения провода от времени при долгосрочном постоянном натяжении;
- б) измерение прочности образцов на разрыв.

Этап а. Для регистрации зависимости растяжения провода от времени предполагается отметить на каждом проводе маркером две точки («реперы») и периодически (раз в полчаса в первые 8 часов испытаний, затем раз в сутки) измерять расстояние между ними.

Этап б. Для измерения прочности образцов на разрыв те же провода по отдельности испытываются в разрывной машине: провод закрепляется на раме, последовательно с проводом закрепляется датчик натяжения. Испытатель постепенно вручную увеличивает усилие натяжения при помощи натягивающего устройства, при этом записывается осциллограмма – зависимость усилия натяжения от времени. Обрыв проволоки сопровождается резким спадом усилия натяжения, что позволяет по осциллограмме определить усилие разрыва (первой проволоки).

Также на этапе измерения усилия разрыва регистрируется растяжение провода: зависимость от времени расстояния между двумя промаркированными точками («реперами»), находящимися в зоне долгосрочного натяжения и другими двумя промаркированными точками («реперами»), находящимися за

пределами зоны долгосрочного натяжения. Расстояние между точками измеряется линейкой при зафиксированном усилии натяжения.

Из испытуемых проводов формируется гирлянда – путем последовательного соединения Соединитель Аллюминиевый стальной (далее СОАС). С одной стороны, гирлянда прикрепляется к раме натяжным зажимом, с другой – через блок прикрепляется к грузу (рис. 3).

При помощи натяжителя груз поднимается, затем провод остается в натянутом грузом состоянии.

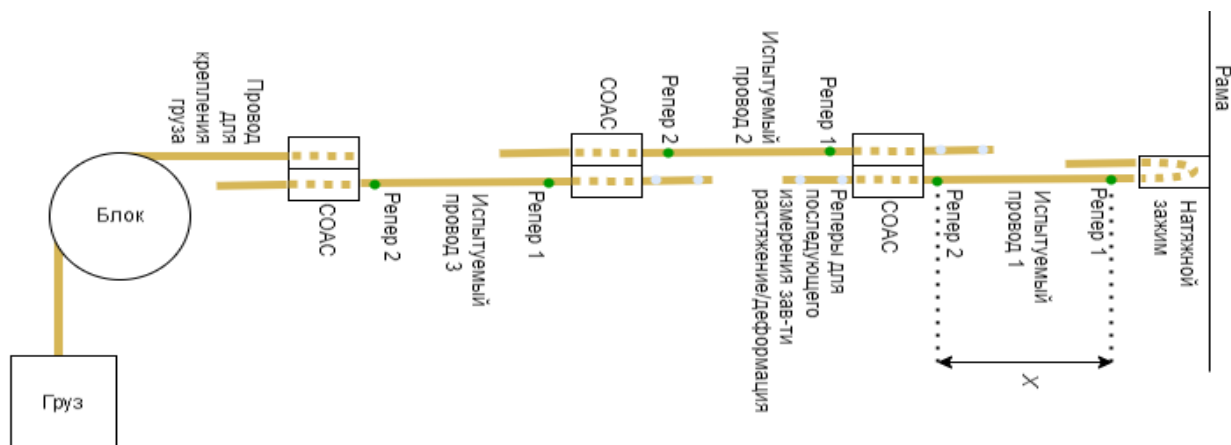


Рис. 3. Принципиальная схема установки на первом этапе (долговременное натяжение)

На втором этапе для каждого из проводов гирлянды определяется усилие разрыва с регистрацией растяжения (рис. 4).

Для минимизации массы грузов, используемых для натяжения провода, в работе будут испытываться провода А и АС сечением 16 мм². Выводы можно будет обобщить на провода А и АС представляющих интерес сечений 35-95 мм², поскольку они изготавливаются из тех же материалов.

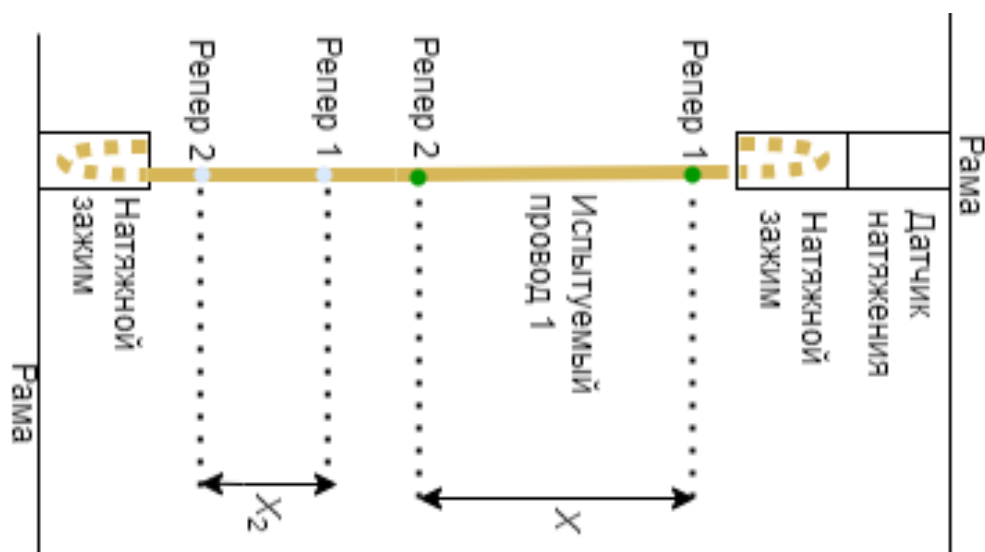


Рис. 4. Принципиальная схема установки на втором этапе (измерение усилия разрыва) (долговременное натяжение)

На текущем этапе основная цель – проверить наличие эффекта (снижение механической прочности провода после долговременного растяжения). Поэтому необходимо иметь возможность сопоставить механическую прочность сегментов одного провода до и после долговременного растяжения. Поскольку возможен разброс механических характеристик, необходимо иметь возможность извлечь из одного провода 3 сегмента для измерения прочности до растяжения и 3 сегмента для измерения прочности после растяжения.

Также необходимо пронаблюдать заметный эффект за относительно короткий срок (~10 дней), тогда как в эксплуатации провод находится под натяжением годами. Поэтому среднее напряжение в проводе предполагается выбрать больше, чем допустимое напряжение по проводу в целом, но меньше, чем нормативное напряжение разрыва. Таким образом, для проводов марки А представляет интерес диапазон напряжений от 80 до 190 МПа, для проводов марки АС – диапазон напряжений от 90 до 330 МПа. Начинать разумно с верхней части диапазона, где эффект должен проявиться быстрее.

Можно ожидать деформаций на уровне единиц процентов (относительное удлинение стали 20 при разрыве 19-28%, относительное удлинение прочных алюминиевых сплавов при разрыве 10-20). Меньшие деформации вряд ли представляют практический интерес. Относительное удлинение в 1% можно выявить при длине провода от 100 мм (измерение линейкой либо рулеткой расстояния между отмеченными реперными точками). Длина наблюдаемого отрезка провода в 0,5 метра даст возможность определить удлинение в 1% надёжно.

После проведения испытания полученные данные позволят определить опасные напряжения и в дальнейшем предложить рекомендации по монтажу проводов ВЛ на опорах.

Список литературы:

1. Summers P. T., Chen Y., Rippe C. M., Allen B., Mouritz A. P., Case S. W., Lattimer B. Y. Overview of aluminum alloy mechanical properties during and after fires // Fire Science Reviews. 2015.

2. Prabhuraj P., Rajakumar S., Lakshminarayanan A. K., Balasubramanian V. Evaluating stress corrosion cracking behaviour of high strength AA7075-T651 aluminium alloy // J. Mech. Behav. Mater. 2017. 26 (3-4). pp. 105-112.

3. Неизолированные провода воздушных линий электропередачи: проблема выбора: [сайт]. – 2015. – URL: https://www.ruscable.ru/article/neizolirovanye_provoda_lep_problema_vybora/ (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.

4. Голубцов, Р. А. Руководящие указания по расчету проводов и тросов воздушной линии электропередачи / Р. А. Голубцов, А. Н. Карсаулидзе – Москва, 1965. – Текст: непосредственный.

© Горобец А. И., 2022

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИАГРАММ И МНЕМОСХЕМ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ VALMET DNA

Студент **Ганис Денис Васильевич**,
Студент **Никешин Владислав Геннадьевич**,
Канд. техн. наук, зав. кафедрой информационно-измерительных
технологий и систем управления
Сидельников Владимир Иванович,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматривается принцип построения мнемосхем и функциональных диаграмм на базе измерительно-вычислительного комплекса Valmet DNA, описываются назначения, особенности их построения и взаимосвязь между ними.

Ключевые слова: Valmet DNA, SCADA-система, FbCAD, DNAuseEditor, программное обеспечение, функциональная диаграмма, мнемосхема, интерфейс, экран оператора.

FEATURES OF DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL DIAGRAMS AND MNEMOSCHEMS BASED ON VALMET DNA PLATFORM

Student **Ganis Denis Vasil'evich**,
Student **Nikeshin Vladislav Gennadyevich**,
PhD in Technology, Head of the Department of
Information and Measurement Technologies and Control Systems
Sidelnikov Vladimir Ivanovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract: This article discusses the principle of constructing mnemonic diagrams and functional diagrams based on the Valmet DNA measuring and computing complex, describes the purposes, features of their construction and the relationship between them.

Keywords: Valmet DNA, SCADA system, FbCAD, DNAuseEditor, software, function diagram, mnemonic diagram, interface, operator screen.

Платформа Valmet DNA, предназначенная для разработки автоматизированных систем управления технологическим процессом, состоит из множества компонентов. Для решения различных задач проектирования

предназначено специализированное программное обеспечение, разработанное компанией Valmet. Наиболее значимыми для разработки автоматизированной системы управления технологическим процессом является программное обеспечение для разработки функциональных диаграмм – FbCAD, и программное обеспечение для разработки мнемосхем – DNAuseEditor.

Поскольку платформа Valmet DNA включает в себя SCADA-систему, разработке компонентов системы автоматизации и управления с использованием вышеперечисленного программного обеспечения уделяется наибольшее внимание.

SCADA-системы реализуют все основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления. Данные системы являются основным и в настоящее время наиболее перспективным методом автоматизированного управления технологическими процессами в различных областях. На принципах диспетчерского управления строятся автоматизированные системы управления в промышленности, энергетике, транспорте и отраслях [1, с. 5].

Несмотря на то, что результатом разработки в FbCAD и DNAuseEditor являются отдельные файлы, при тестировании, отладке и запуске системы программируемый логический контроллер проводит проверку совместимости всех загружаемых в него файлов. В платформе Valmet DNA такие файлы носят названия «Модули автоматизации». Модули автоматизации представляют собой графическое представление прикладных программ.

Предназначение функциональных диаграмм заключается в предоставлении проектировщику возможности гибкой работы с данными, поступающими в программируемый логический контроллер. Для работы с данными используются блоки, представляющие собой подпрограммы, выполняющие специализированные функции. FbCAD содержит обширную библиотеку блоков, которая включает в себя блоки ввода и вывода данных, логических, математических операций, блоки для осуществления регулирования.

Непосредственно работа с функциональными диаграммами предполагает расстановку необходимых блоков в поле диаграммы и последующую установку связей между ними. Блоки имеют входы и выходы для подключения сигналов. Помимо входов и выходов функциональный блок может содержать несколько конфигурируемых параметров. Они не могут быть изменены во время работы прикладной программы, поскольку их значения задаются однократно во время конфигурирования.

Каждый блок имеет окно свойств, в котором проектировщик может изменить конфигурацию блока. На рис. 1 представлен общий вид блока функциональной диаграммы FbCAD. Входы функционального указаны слева, а выходы – справа. В центре блока разработчик может задать параметры конфигурации блока и их значения.

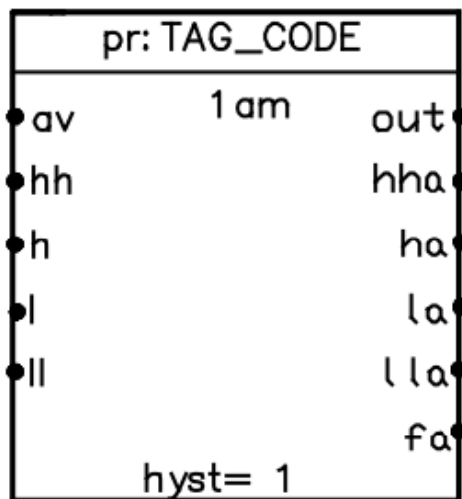


Рис. 1. Общий вид блока функциональной диаграммы FbCAD

Обмен данными между модулями происходит через порты. Прямой обмен данными между функциональными блоками на уровне модулей невозможен. Другие модули используют эти порты для обмена информацией с этим модулем. Внутри модуля выполняется строгое разделение на типы между элементами этого модуля. Только элементы одного и того же типа могут взаимодействовать друг с другом.

Функциональные диаграммы, создаваемые с использованием инструмента FbCAD, не имеют визуального представления в режиме работы и мониторинга процесса оператором. Все визуальное сообщение и взаимодействие оператором с системой осуществляется через мнемосхемы, также называемые экранами оператора. При проектировании это стоит учитывать и помещать на мнемосхемы всю необходимую оператору информацию, при этом не перенасыщая мнемосхему.

Установка связи между мнемосхемами и функциональными диаграммами осуществляется при помощи тэгов. Тэг представляет собой уникальный идентификатор, присваиваемый параметрам и измеряемым величинам технологического процесса. Как правило, названия тэгов соответствует условным буквенным обозначениям функций автоматизации, которые присваиваются при разработке функциональной схемы автоматизации [2, с. 10].

С использованием тэгов выполняется обработка данных программируемым логическим контроллером, например, регулирование параметра ПИД-регулятором. При применении тэгов возможны передача данных из одной функциональной диаграммы в другую и вывод значений параметров на мнемосхеме.

Мнемосхемы, создаваемые с использованием инструмента DNAuseEditor, позволяют оператору получать информацию и взаимодействовать с технологическим процессом. Элементами мнемосхемы являются графические изображения, поля вывода параметров технологического процесса, тренды визуализации изменения параметров во времени, инструменты оператора для взаимодействия на технологический процесс, символы индикации и

сигнализации. Элементы мнемосхем образуют человеко-машинный интерфейс.

При проектировании экранов оператора стоит уделить внимание определению типа разрабатываемого экрана. Для компьютеризированного интерфейса важной характеристикой является принцип отбора информации для наполнения одного экрана. По отбору информации существуют три основных представления:

- обзорные интерфейсы решают задачу быстрой оценки состояния системы; отображаемая информация проходит ранжирование и фильтрацию;
- задачные интерфейсы содержат информацию, релевантную текущей задаче;
- системные интерфейсы предназначены для представления информации по выбранной изолированной системе [3, с. 186].

Определенные графические элементы мнемосхемы являются не активными, поскольку они не предполагают прямого взаимодействия с оператором. Такими элементами являются изображения частей объекта управления, например, ёмкости, элементы трубопровода, стрелочные указатели. Активными элементами являются кнопки, тренды, изображения заслонок и клапанов с индикацией, поля вывода данных с датчиков, уровнемеры, располагающиеся рядом или на изображении ёмкостей. Как правило, оператор может взаимодействовать с активными элементами, влияя на ход технологического процесса или получая информацию о нем в реальном времени. На рис. 2 представлены элементы регулятора на мнемосхеме Valmet DNA.

Элементы интерфейса также следует разделить на элементы визуального оформления и элементы функциональных возможностей. Элементы визуального оформления отвечают за представление информации оператору, а элементы функциональных возможностей позволяют оператору непосредственно взаимодействовать с системой [4, с. 26].

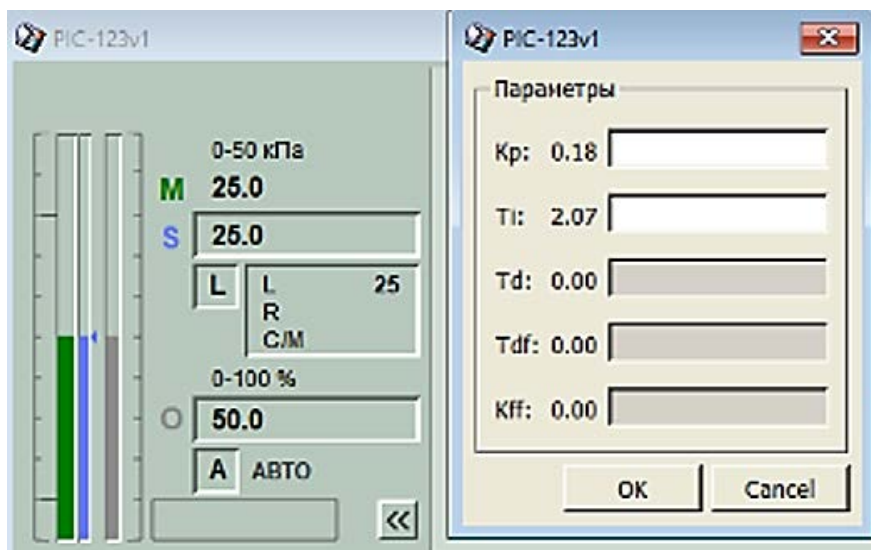


Рис. 2. Элементы регулятора на мнемосхеме Valmet DNA

Выполняя разработку функциональных диаграмм и мнемосхем, стоит помнить, что пользовательский интерфейс является не дополнением к функциональной части системы, а важным посредником во взаимодействии человека и системы, и оказывает влияние на эффективность и скорость принятия решений.

Список литературы:

1. Елизаров, И. А. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие / И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с. – Текст: непосредственный.

2. Дятлова, Е. П. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами: учебно-методическое пособие / Е. П. Дятлова; М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2019. – 68 с. – Текст: непосредственный.

3. Сверчков, Д. С. Разработка человеко-машинного интерфейса и его применение в системах управления / Д. С. Сверчков. – Текст: непосредственный // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. Специальный выпуск 1. – С. 184 – 190.

4. Сергеев, С. Ф., Падерно, П. И., Назаренко, Н. А. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов / С. Ф. Сергеев, П. И. Падерно, Н. А. Назаренко – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 108 с. – Текст: непосредственный.

© Ганис Д. В., Никешин В. Г., Сидельников В. И., 2022

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Студент **Кашчев Кирилл Олегович**,
Зав. кафедрой автоматизированного электропривода и электротехники,
канд. техн. наук, доцент **Благодарный Николай Семенович**,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье приведен сравнительный анализ преобразователей частоты отечественных производителей с целью определения наиболее подходящего для использования на производстве.

Ключевые слова: частотный преобразователь, электрооборудование, электроэнергия, сравнение, электродвигатель, производство, выгода, производители.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC FREQUENCY CONVERTERS

Student **Kashcheev Kirill Olegovich**,
Head of the Department of Automated Electric Drive and Electrical
Engineering, PhD in Technology, Associate Professor
Blagodarniy Nikolai Semenovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. This article provides a comparative analysis of frequency converters of domestic manufacturers in order to determine the most suitable one for use in production.

Keywords: frequency converter, electrical equipment, electricity, comparison, electric motor, production, benefit, manufacturers.

В настоящее время отечественное электрооборудование является идеальным для стыковки интересов российских потребителей с отечественным изготовителем. Цена, качество и беспроблемные поставки российского оборудования ставят его вне конкуренции по сравнению с импортным оборудованием. В дополнение можно отметить наличие подробных технических инструкций, схем подключения устройств и быстрое получение консультаций от службы технической поддержки. Все это способствуют решению любой возникшей проблемы. В настоящем обзоре приведено сравнение отечественных

фирм, самых популярных в России по части приобретения частотных преобразователей.

Частотный преобразователь (ЧП) – электронное устройство, которое служит для непрерывного преобразования входного переменного электрического тока одной частоты – в выходной переменный электрический ток другой частоты [1]. Основное назначение частотные преобразователи (ЧП) состоит в регулировании скорости вращения как асинхронных, так и синхронных электродвигателей. Их использование позволяет в значительной степени снизить потребление электроэнергии, уменьшить производственные затраты, а также увеличить срок службы электрооборудования.

Использование ЧП как в бытовом, так и в производственном электрооборудовании позволяет с легкостью регулировать скорость вращения электродвигателя, защищать его от скачков напряжения и перегрузок, обеспечивать плавный пуск и остановку электрического оборудования, снижать износ и улучшать механические показатели электрооборудования.

ЧП применяются абсолютно в любой сфере: тяжелой и легкой промышленности, в медицинском оборудовании, системах водоснабжения и т. д.

Схема ЧП состоит из двух частей: управляющей и силовой. Управляющая часть имеет вид электрической схемы на базе микропроцессоров, способных управлять входящими параметрами. Силовая часть собрана на транзисторах и тиристорах [2].

ЧП работает в два этапа:

1. Переменное напряжение выпрямляется диодным мостом, после чего сигнал проходит через фильтр, состоящий из конденсаторов, где входное напряжение сглаживается.

2. Далее, из выпрямленного напряжения получается сигнал с требуемыми параметрами частоты и амплитуды. Затем новое напряжение передается на двигатель, где индуктивность обмотки статора преобразует полученные импульсы в синусоиду. На рис. 1 представлена схема ЧП.



Рис. 1. Схема частотного преобразователя

В качестве сравнения были выбраны три отечественных производителя ЧП, такие как «Веспер», «Лидер» и «Овен» [3]. Выбранные компании являются лидерами российского рынка различного типа электрооборудования, а значит, они имеют определенное количество пользователей, по отзывам которых будет сделан вывод о качестве оборудования.

Компания «Веспер» работает с 1992 года. На сегодняшний день является лидером по производству ЧП. Оказывает полный спектр обслуживания своей продукции, обеспечивает пользователей. Отзывы от потребителей исключительно положительные.

Компания «Лидер» начала свою работу в 1988 году. Компания имеет опытных специалистов-разработчиков, монтажников и ремонтников. На свою продукцию предоставляет двухлетнюю гарантию с возможностью продления еще на год. Негативные отзывы от потребителей найти не удалось.

Компания «Овен» появилась на рынке в 1991 году. Производит автоматизированное оборудование и имеет хорошую репутацию. Оборудование от этого производителя отличается надежностью и доступной ценой. Касательно отзывов, негативные встречаются крайне редко. Например: «У крепежных зажимов – одна пластинка, проваливается в пустоту, а вторую невозможно пропихнуть», «Сенсорные кнопки срабатывали после 3-10 нажатий». Однако важно, что в настоящее время продукция компании находится в лидерах в условиях конкуренции.

Для составления сравнительного анализа были выбраны преобразователи с одной номинальной мощностью (5.5 кВт). Так, от компании «Веспер» был взят ЧП-ЕЗ-9100-007Н [4]; «Лидер» – А300-0055-Т4 [5]; «Овен» – ПЧВ203-5К5-В [6]. Подробные технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики ЧП

Характеристики	Веспер	Лидер	Овен
Цена	42 128	26 443	24 952
Номинальный ток, А	15	13	11,9
Напряжение питания	380-480	380	380-480
Выходная частота	0,5 - 500	0-300	0-200
Рабочая температура	От -10° до +50°	От -10° до +40°	От 0° до +40°
Габариты	191x280x168 (639)	135x240x171 (546)	90x239x194 (523)

Опираясь на собранную информации, можно заметить, что ЧП от компании «Веспер» примерно в 1,6 раза дороже своих конкурентов, однако опережает их по остальным характеристикам (кроме габаритов). Большой номинальный ток, большие интервалы выходной частоты и рабочей температуры, говорят нам о том, что такой ЧП хорошо подойдет для любой

сферы производства. Однако, если заранее известно, на каком электродвигателе он будет использоваться и при какой температуре, можно рассмотреть преобразователь частоты от компании «Лидер». Он меньше по своим габаритам, заметно дешевле, а также на данного производителя отсутствуют отрицательные отзывы от потребителей. Касательно ЧП от производителя «Овен», он сильно отстает по всем характеристикам, а ценовая разница между ним «Лидером» невелика, поэтому, если выбирать между производителями «Лидер» и «Овен» было бы разумно предпочесть ЧП компании «Лидер». Если сравнивать «Веспер» и «Лидер», рейтинг у первого производителя значительно выше, чем у второго.

При выборе преобразователя частоты из представленных вариантов можно рекомендовать следующее. Если бюджет позволяет приобрести преобразователь «Веспер», лучше взять его. Он значительно опережает «Лидер» по нескольким характеристикам и не так прихотлив к окружающей среде. Если же бюджет не позволяет или характеристики «Лидера» удовлетворяют требованиям, можно приобрести его. ЧП от компании «Овен» уступает предыдущим.

Список литературы:

1. Частотный преобразователь: [сайт]. – 2020. – URL: <https://clck.ru/N8sf7> (дата обращения: 17.05.2022). – Текст: электронный.
2. Области применения частотного преобразователя: [сайт]. – 2020. – URL: <https://clck.ru/hUbag> (дата обращения: 17.05.2022). – Текст: электронный.
3. Российские частотные преобразователи: [сайт]. – 2021. – URL: <https://clck.ru/hUbc7> (дата обращения: 17.05.2022). – Текст: электронный.
4. ЧП Веспер: [сайт]. – 2022. – URL: <https://clck.ru/hUbdP> (дата обращения: 18.05.2022). – Текст: электронный.
5. ЧП Лидер: [сайт]. – 2022. – URL: <https://clck.ru/hUbdF> (дата обращения: 18.05.2022). – Текст: электронный.
6. ЧП Овен: [сайт]. – 2022. – URL: <https://clck.ru/hUbdz> (дата обращения: 18.05.2022). – Текст: электронный.

© Кащеев К. О., Благодарный Н. С., 2022

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ API ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Студент **Ахметзянов Ильгизар Ильсурович**,
Студент **Бакиров Ильназ Ильфатович**,
Канд. техн. наук, доцент **Урахчинский Игорь Николаевич**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. На сегодняшний день сложно представить нашу жизнь без интернета, веб-приложений. Часто при разработке веб-приложений перед разработчиками встает вопрос о выборе архитектурного стиля API. Чтобы правильно сделать выбор, нужно знать особенности каждого из них. В данной статье описываются особенности, преимущества и недостатки архитектурных стилей REST, SOAP, RPC, GraphQL. В конце статьи делается вывод, где и когда стоит использовать определенный архитектурный стиль API.

Ключевые слова: архитектурный стиль, API, REST, SOAP, RPC, GraphQL, XML, HTTP.

COMPARATIVE ANALYSIS OF API ARCHITECTURAL STYLES IN WEB APPLICATION DEVELOPMENT

Student **Akhmetzyanov Ilgizar Isurovich**,
Student **Bakirov Inaz Ifatovich**,
PhD in Technology, Associate Professor **Urakhchinsky Igor Nikolaevich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. Today it is difficult to imagine our life without the Internet, web applications. Often, when developing web applications, developers are faced with the question of choosing the architectural style of APIs. To make the right choice, you need to know the features of each of them. This article describes the features, advantages and disadvantages of REST, SOAP, RPC and GraphQL architectural styles. At the end of the article it concludes where and when to use a certain API architectural style.

Keywords: API architectural style, REST, SOAP, RPC, GraphQL, XML, HTTP.

Что такое архитектурный стиль API?

API – это программный интерфейс приложения («Application Programming Interface»), состоящий из набора определений и протоколов, который позволяет двум программам взаимодействовать между собой.

Архитектура API относится к техническим основам разработки программного интерфейса, который раскрывает внутренние данные и функциональность приложения для использования во внешних приложениях. Архитектура API состоит из компонентов для внешнего взаимодействия, управления трафиком, выполнения бизнес-логики и доступа к данным [1].

В данной статье будем рассматривать и сравнивать 4 основных стиля API: REST, GraphQL, RPC, SOAP.

REST API

REST («Representational State Transfer») является архитектурным стилем, состоящим из набора ограничений для проектирования распределенной системы. Для взаимодействия программ используется протокол HTTP («HyperText Transfer Protocol»), и каждый запрос возвращает числовой код – статус HTTP. В REST запросы в основном выполняются через HTTP-методы: POST, GET, PUT, PATCH, DELETE, OPTIONS.

По Филдингу, существует 6 обязательных ограничений для построения распределенных REST-приложений [2]:

- модель клиент-сервер – независимость клиента и сервера, что повышает переносимость кода клиентского приложения и улучшает масштабируемость;
- отсутствие состояния – клиент отправляет все данные, которые нужны для выполнения запроса, вместе с запросом. Это избавляет сервер от необходимости хранить состояние клиента;
- кеширование;
- единообразие интерфейса. Осуществляется одинаковое взаимодействие с сервером вне зависимости от типа устройства или приложения;
- многоуровневая система;
- предоставление кода по запросу – возможность сервера отправить код клиенту.

Преимущества REST:

- отдельный клиент и сервер;
- простота и открытость API;
- кеширование;
- компоненты открыты для изменений;
- надежность и устойчивость. Если откажет один компонент системы, то это не приведет к отказу всей системы;
- масштабируемость.

Недостатки:

- отсутствие единой структуры REST;
- неоднозначность методов управления данными;
- проблемы, связанные с чрезмерными или недостаточными данными.

GraphQL API

GraphQL – это язык запросов, который описывает данные в API и позволяет клиентам выполнять точные запросы для получения нужных им данных [3].

GraphQL позволяет:

- клиентам получать необходимые им данные;
- агрегировать данные из нескольких источников;
- описывать данные с указанием их типов.

Чтобы использовать GraphQL, сначала необходимо создать схему на языке SDL («Schema Definition Language»), описывающая все запросы, которые могут быть выполнены в GraphQL API, и все типы данных, которые они возвращают.

Клиент может проверить, может ли он получить необходимые данные, прежде чем отправить запрос. Когда сервер получает запрос от клиента, он проходит по схеме и возвращает ответ в формате JSON («JavaScript Object Notation»), содержащий запрошенные данные.

В GraphQL реализована поддержка подписок. Подписки позволяют клиенту получать уведомления от сервера в режиме реального времени.

Преимущества GraphQL:

- типизированная схема; - подходит для графических данных; - отсутствие версий API; - подробное сообщение об ошибке; -гибкие разрешения.

Недостатки:

- производительность при сложных запросах; - сложность кеширования; - самостоятельное изучение GraphQL.

RPC API

Удаленный вызов процедуры («Remote Procedure Call») представляет собой спецификацию, позволяющую удаленно выполнять функцию в другом контексте. RPC позволяет в контексте HTTP API вызывать процедуры на удаленном сервере [4].

При использовании RPC клиент должен вызвать удаленную процедуру, сериализовать данные в сообщении и отправить сообщение на сервер. Сервер десериализует полученные данные, выполняет запрошенную операцию и отправляет результат обратно клиенту.

Преимущества RPC: простота; легкость добавления функций; высокая производительность.

Недостатки: трудно масштабируемая; связанность с базовой системой; уязвим к сбоям; отсутствие интроспекции API; большое количество функций.

SOAP API

SOAP («Simple Object Access Protocol») – это высоко-стандартизированный протокол на основе XML («eXtensible Markup Language») [5]. В SOAP сообщение представляет собой XML-документ, который состоит из:

- «Envelope». Является обязательным корневым элементом, определяющим начало и конец сообщения;
- «Header». Является необязательным заголовком, содержащим информацию для обработки сообщения;
- «Body». Является основным обязательным элементом, который содержит основную информацию о сообщении;
- «Fault». Является необязательным элементом, который содержит информацию об ошибках.

Преимущества SOAP:

- строгая спецификация;
- встроенная обработка ошибок;
- наличие расширений безопасности.

Недостатки:

- сложность реализации;
- использование XML;
- тяжеловесность;
- сложность и ресурсоемкость парсинга XML-данных.

Выводы: У каждого архитектурного стиля API есть свои требования и ограничения, поэтому при их выборе нужно обращать внимание на то, какой язык программирования и среда будет использоваться при разработке приложения.

RPC API подойдет для разработки внутренних микросервисов, которые не будут иметь внешней API. SOAP API подойдет для разработки приложений, где требуется безопасность при выполнении биллинговых операций, систем бронирования и платежей. REST API за счет своей абстрактности и моделирования API подходит для разработки большинства сервисов, но имеет нагрузку на сеть и многослойность [6].

GraphQL API позволяет извлекать необходимые данные за один запрос, но при сложных запросах может упасть производительность. Для усвоения GraphQL требуется время. Данный архитектурный стиль API следует использовать при наличии большого количества сложных сущностей в БД, ссылающихся друг на друга.

Список литературы:

1. Amazon Web Services. What is API: [сайт]. – 2022. – URL: <https://aws.amazon.com/what-is/api/> (дата обращения: 27.04.2022). – Текст: электронный.
2. Wikipedia. API: [сайт]. – 2022. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/API> (дата обращения: 27.04.2022). – Текст: электронный.
3. Wikipedia. GraphQL: [сайт]. – 2022. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/GraphQL> (дата обращения: 28.04.2022). – Текст: электронный.
4. Wikipedia. Remote procedure call: [сайт]. – 2022. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_procedure_call (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.
5. Comparing API Architectural Styles: SOAP vs REST vs GraphQL vs RPC: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.altexsoft.com/blog/soap-vs-rest-vs-graphql-vs-rpc/> (дата обращения: 25.04.2022). – Текст: электронный.
6. REST API: [сайт]. – 2022. – URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/rest-api/> (дата обращения: 27.04.2022). – Текст: электронный.

© Ахметзянов И. И., Бакиров И. И., Урахчинский И. Н., 2022

О МЕСТЕ АЭС В РАЗВИТИИ ЭНЕРГЕТИКИ ТАТАРСТАНА

Студент **Гатауллин Нияз Рушанович**,
Науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент

Вилданов Рустем Ренатович,
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Представлена история развития энергетики Татарстана. Приведены данные по структуре энергопроизводства Татарстана, планы развития энергетики, включая возможное строительство Татарской атомной электростанции (АЭС). Выполнен анализ причин отмены строительства АЭС. Обоснована возможность возврата Татарстана к планам сооружения АЭС.

Ключевые слова: энергетика, гидроэлектростанция, ветроэнергетика, солнечная энергетика, атомная электростанция, уран.

ABOUT THE PLACE OF NPP IN THE DEVELOPMENT OF TATARSTAN POWER ENGINEERING

Student **Gataullin Niyaz Rushanovich**,
Academic Adviser: PhD in Technology, Associate Professor

Vildanov Rustem Renatovich,
Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russian Federation

Abstract. The history of the development of Tatarstan power engineering is presented. Data on the structure of energy production in Tatarstan, plans for the development of power engineering, including the possible construction of the Tatar nuclear power plant (NPP), are given. The analysis of the reasons for the cancellation of the NPP construction was carried out. The possibility of returning Tatarstan to the plans for the construction of NPP is substantiated.

Keywords: power engineering, hydroelectric power plant, wind power, solar power, nuclear power plant, uranium.

Энергетика Татарстана имеет большое историческое прошлое и насчитывает уже более 100 лет. Она стала основой для социально-экономического развития не только своего региона, но и всей страны в целом.

Свой путь развития энергетики Татарстан начал в 1895 году. В этот год была запущена первая в Казанской губернии электрическая станция постоянного

тока на 175 Вт. Она была оснащена двумя газомоторными двигателями, работающими на светильном газе. Но к концу своего существования она имела уже 10 газомоторных, 2 больших газогенераторных двигателя и 2 двигателя Дизеля на нефтяном горючем, что повысило ее мощность до 1900 лошадиных сил. В 1925 году 25 июня в Казани был введен в эксплуатацию первый турбогенератор мощностью 100 кВт на электростанции имени III годовщины Татареспублики. Эта станция уже работала, чтобы обеспечить электричеством жилые дома, промышленные предприятия. Через год был осуществлен переход сети с постоянного тока на трехфазный переменный. В 1933 году летом была введена в действие Казанская ТЭЦ-1. На нем были установлены 2 турбогенератора мощностью 10 МВт и 5 котлоагрегатов. Эта станция была вполне современным предприятием для того времени, действующая по вполне экономичному технологичному циклу, со сжиганием угля в пылевидном состоянии, с автоматикой питания котла, подачи топлива, регулирования параметров пара и электроэнергии со своей противоаварийной автоматикой [1; 2; 3].

По состоянию на 2021 год на территории Татарстана эксплуатировались 9 электростанций общей мощностью 8109 МВт. В их числе 2 ГЭС: Нижнекамская ГЭС, Карабашская ГЭС и 7 ТЭС: Заинская ГРЭС, Казанские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, Набережночелнинская ТЭЦ, Нижнекамские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ГТУ-75 «Нижнекамскнефтехим».

В настоящее время в Татарстане 3 крупных сетевых компании, это: АО «Татэнерго», ОАО «ТГК-16», ООО «Нижнекамская ТЭЦ» [4; 5].

Однако республика является энергодефицитным регионом, связано это с тем, что за последние 8 лет в Татарстане появилось множество промышленных зон, требующих для себя немало энергии [6; 7].

Таблица 1 – Структура установленной электрической мощности генерирующего оборудования в Республике Татарстан по итогам 2020 года (на 01.01.2021)

<i>Наименование</i>	<i>Установленная электрическая мощность, МВт</i>	<i>Доля общества в РТ, %</i>
АО «Татэнерго»	5360	66,8
ОАО «ТГК-16»	1669,6	20,8
ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	724	9,0
Прочие	268,9	3,4

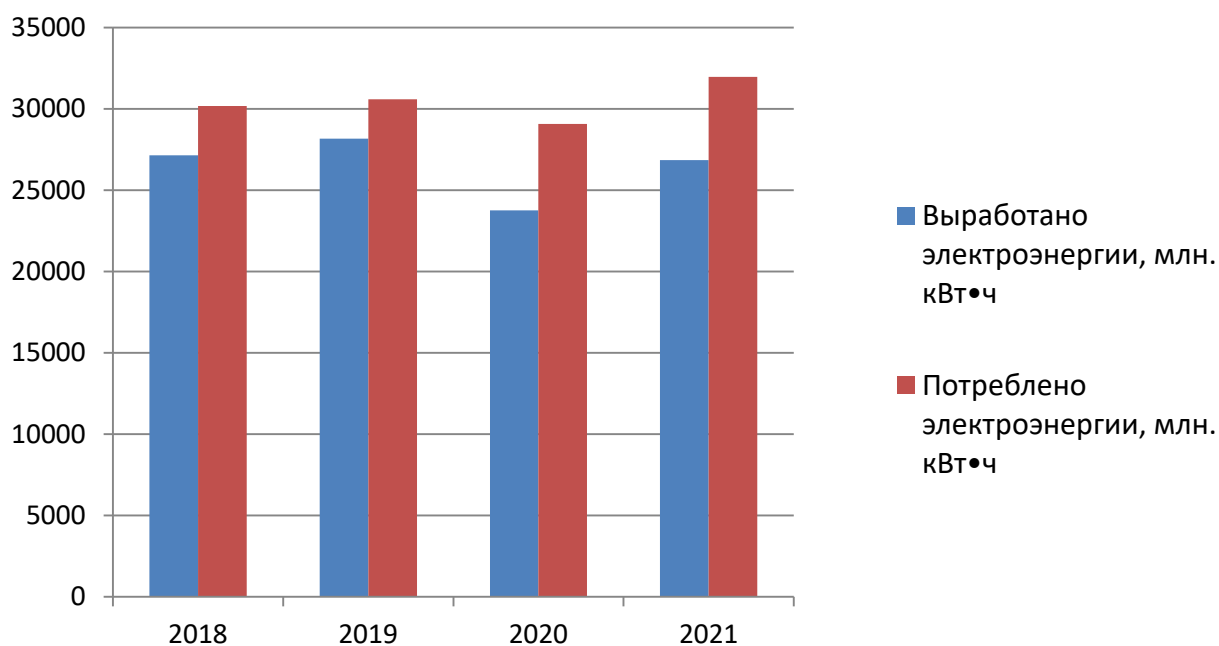


Рис. 1. Выработка и производство электроэнергии в Татарстане за 4 года

Первичные источники энергии

В настоящее время добыча угля в Татарстане является нерентабельной. Был обнаружен Камский угольный бассейн, который располагает значительными запасами газового и бурого угля, которые оцениваются в 10 млрд тонн. Для организации полномасштабной добычи нужно провести дорогостоящие комплексные геолого-разведывательные работы. Уголь бассейна пригоден для производства генераторного газа и синтетического топлива, однако единственным рациональным способом освоения залежей ученые называют метод подземной газификации угля. Поэтому топливом для станций в основном является природный газ, а его резервом – уголь и мазут, однако Татарстан не способен добывать его для удовлетворения своих нужд, что вынуждает привозить его из других регионов. Однако Татарстан обладает внушительными запасами нефти и занимает 2 место по добыче в России [8].

Возобновляемые источники энергии

Развитие альтернативной энергетики в Татарстане находится на зачаточном уровне. Несмотря на усилия отдельных компаний (например, ОАО «Татнефть») по строительству ветроустановок, а также ввод в строй Карабашской ГЭС мощностью 500 кВт, доля нетрадиционных источников в структуре общей выработки электроэнергии республики составляет менее 1%. Республика обладает достаточным уровнем солнечной инсоляции для развития солнечной энергетики, но солнечная энергетика находится на зачаточном уровне и не используется активно.

Также имеет место быть и ветроэнергетика. В Татарстане планируется строительство нескольких ветропарков к 2030 годам. Но отечественные компоненты для ветрогенераторов весьма недешевы и не обладают должным

качеством, так как для России производство в таком направлении только начинается, а покупка иностранных компонентов на данный момент является сложной задачей. Это ставит в очень затруднительно положение развитие ВИЭ в данном направлении.

Потенциал гидроэлектроэнергии довольно неплох, но почти не используется. По оценкам, суммарная мощность ГЭС может достигать по среднегодовой выработке электроэнергии более 1264 млрд. кВт. ч. Наибольшим энергетическим потенциалом обладают реки Мензеля, Степной Зай, Шешма, Кичуй, Зай, Малая Меша, Зыча. Однако речь идет лишь о малых ГЭС, которые пагубно влияют на природную среду, они требуют подробной оценки воздействия на окружающую среду [9].

Атомная энергетика

Согласно распоряжениям председателя правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 1634-р «Об утверждении схемы территориального планирования Российской Федерации в области энергетики на период до 2030 года», в России планируется ввести в строй 8 атомных станций, среди которых была замечена Татарская АЭС. Она должна расположиться в Камских полянах, близ Нижнекамска, с целью увеличения энергетического потенциала Республики Татарстана. На ней планируется установить один водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР-ТОИ), с установленной мощностью 1250 МВт [10; 11].

Однако вопрос размещения АЭС решается с участием главы субъекта, очень многое зависит от президента Татарстана. Стоит отметить, что в более поздних документах Татарской АЭС уже нет.

Татарская АЭС строилась уже в 1980 году, а ее запуск был запланирован на 1992 год, тогда она должна была иметь мощность в 4000 МВт, которая генерировалась бы четырьмя реакторами водо-водяными реакторами ВВЭР-1000/320. Однако в 1990 году строительство было полностью прекращено, связано это было в первую очередь с катастрофой на Чернобыльской станции и последующей за ней волной протестов от населения. Также причинами были: расположение в зоне Камского разлома, отличающейся тектонической активностью, что вскоре подтвердилось ощутимым землетрясением в Закамье, смена экономического и политического строя в СССР [12; 13].



Рис. 2. Недостроенная АЭС. Котельная, водохранилище, административный корпус станции, эстакады, фундаментная плита реакторного отделения



Рис. 3. Недостроенная АЭС. Справа расположены фундаменты для реакторов

Перспективы возврата Республики Татарстан к вопросу строительства АЭС

В настоящее время Республика Татарстан страдает от дефицита электроэнергии, как было показано ранее, регион развивается, открывается все больше промышленных зон, предприятий, расширяются города, все это ведет все к большему энергопотреблению, но Татарстан не в силах обеспечить себя сам. Как было рассмотрено ранее, существует проблема с добычей угля и природного газа, возобновляемые источники энергии регион не может использовать с должной пользой, нет условий для создания больших ГЭС, солнечная энергетика до сих пор не так актуальна, иностранные компоненты для ветрогенераторов достать сейчас практически невозможно. Остается только атомная энергетика. Атомная

энергетика прекрасно развита в России, занимает 2 место среди стран Европы по мощности. Россия владеет полным спектром технологий, огромными запасами урана, являясь лидером по его обогащению, технологиями проектирования и производства ядерного топлива, также Россия является одной из 3 стран, которая может перерабатывать отработанное ядерное топливо [14].

Вопрос о безопасности также не является проблемой, реактор типа ВВЭР-ТОИ, который хотят установить на Татарскую АЭС, имеет высокий уровень надежности, при проведении инженерного итерационного анализа было подтверждено, что в ВВЭР-ТОИ обеспечено выполнение всех основных инженерных принципов современной концепции глубокоэшелонированной защиты, включая принципы функционального и конструктивного разнообразия, защиты от отказов общего вида, защиты от ошибочных действий персонала. По полученному значению частоты повреждения активной зоны можно сделать вывод о том, что для проекта «ВВЭР-ТОИ» обеспечен более высокий уровень безопасности по сравнению с другими проектами, в особенности, принимая во внимание консерватизм в оценке частот инициирующих событий запроектных аварий. Этот результат достигнут за счет применения следующих решений: эффективного сочетания активных и пассивных систем, обеспечивающих функциональное резервирование, длительную автономность блока в условиях аварий (не менее 72 ч), защиту от отказов общего вида и пониженное влияние человеческого фактора, применения дополнительных мер на указанном расширенном периоде автономности для восстановления критических функций безопасности, в том числе подключение к потребителям мобильной дизель-генераторной станции (при полном обесточивании), установку автономного теплообменника и подключение его к теплообменникам систем безопасности (для аварий с полной потерей технической воды или потерей промежуточного контура). ВВЭР-ТОИ способен выдержать землетрясения амплитудой 8 баллов, падение самолета массой 400 т. Со скоростью 150 м/с, ударную волну давлением 30 кПа, ураганы и смерчи со скоростью ветра 56 м/с [15; 16].

Таким образом, энергетика Татарстана на данный момент не обладает возможностями развития в направлениях солнечной, ветряной, гидроэлектроэнергетики, но возможности развития атомной энергетики огромны и требует рассмотрения как путь решения проблемы энергодефицитности региона.

Список литературы:

1. Сафина, А. Р. Зарождение и эволюция системы энергетики и энергоснабжения в Республике Татарстан / А. Р. Сафина. – Текст: электронный. – URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/57/2989/> (дата обращения: 17.04.2022).
2. История энергетики РТ: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/4614970/> (дата обращения: 17.04.2022). – Текст: электронный.
3. От первой лампочки до крупнейшего энергопроекта России: история энергетики РТ в 20 кадрах: [сайт]. – URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/533829> (дата обращения: 17.04.2022). – Текст: электронный.
4. О Компании АО «Татэнерго»: [сайт]. – URL: <https://tatenergoby.ru/about/> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.

5. Электроэнергетика Республики Татарстан: [сайт]. – URL: <https://pandia.ru/text/82/156/52350.php> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
6. Годовой отчет АО «Татэнерго»: [сайт]. – URL: https://www.akm.ru/upload/akmrating/TATENERGO_annual_report_2020.pdf (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.
7. Потребление электроэнергии в Республике Татарстан: [сайт]. – URL: <https://www.so-ups.ru/odu-volga/news/odu-volga-news-view/news/12940> / (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.
8. Справка о состоянии и перспективах использования минерально сырьевой базы Республики Татарстан: [сайт]. – URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/0d7902ff118308f4bc272cdb94c47d02.pdf> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
9. Альтернативная энергетика в Татарстане: направления развития: [сайт]. – URL: <http://platformaxxi.org/2015/01/26/alt-energy-rt/> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
10. Заброшенная Татарская АЭС: [сайт]. – URL: <https://macos.livejournal.com/473373.html> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
11. Распоряжение правительства РФ от от 1 августа 2016 г. № 1634-р «Об утверждении схемы территориального планирования Российской Федерации в области энергетики на период до 2030 года»: [сайт]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/> / (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
12. Татарская АЭС, республика Татарстан: описание, история: [сайт]. – URL: <https://fb.ru/article/266550/tatarskaya-aes-respublika-tatarstan-opisanie-istoriya-i-interesnyie-faktyi> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
13. Прогулка около недостроенной АЭС: [сайт]. – URL: <https://21region.org/sections/photo/55097-progulka-okolo-nedostroennoj-tatarskoj-ayes.html> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
14. Вопрос о строительстве Татарской АЭС: [сайт]. – URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/319285> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
15. Кучумов, А. Ю. Концепция безопасности проекта «ВВЭР-ТОИ / А. Ю. Кучумов, А. Ю. Алаев. – Текст: электронный. – URL: http://www.rosenergoatom.ru/wps/wcm/connect/rosenergoatom/site/resources/1ddc238046749331a549e7a6fc651667/web_rea_04_2011.pdf (дата обращения: 19.04.2022).
16. Вероятностный анализ безопасности проекта ВВЭР-ТОИ: [сайт]. – URL: <https://pandia.ru/text/78/274/86582.php> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.

© Гатауллин Н. Р., 2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Студент **Ширяев Александр Дмитриевич**,
Канд. ф.-м. наук, доцент, зав. кафедрой физики
Яшкевич Екатерина Александровна,
Канд. ф.-м. наук, доцент **Кульбицкая Мария Никандровна**,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена анализу светодиодных источников света на примере продукции Uniel Sapphire. Проведены исследования электрических и светотехнических характеристик светодиодной лампы. Эксперимент показал, что светодиодная лампа зажигается при достижении критического значения силы тока (напряжения), световой поток лампы линейно не растет с увеличением напряжения, сила тока через светодиодную лампу нелинейно зависит от напряжения.

Ключевые слова: светодиод, переменный ток, сила тока, напряжение, световой поток, освещенность.

STUDY OF ELECTRICAL AND LIGHTING CHARACTERISTICS OF LED LAMPS

Student **Shiryayev Alexander Dmitrievich**,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Head of the Department of Physics **Yashkevich Ekaterina Alexandrovna**,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor
Kulbitskaya Maria Nikandrovna,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the analysis of LED light sources on the example of Uniel Sapphire products. Studies of the electrical and lighting characteristics of the LED lamp have been carried out. The experiment showed that the LED lamp ignites when the critical value of the current (voltage) is reached, the luminous flux of the lamp does not increase linearly with increasing voltage, the current through the LED lamp depends nonlinearly on the voltage.

Keywords: LED, alternating current, current strength, voltage, luminous flux, illumination.

Свет играет чрезвычайно важную роль в нашей жизни. Подавляющее количество информации об окружающем мире человек получает с помощью света. Для создания нормальных условий труда при проектировании и эксплуатации систем освещения задаются количественные и качественные характеристики источников освещения.

Выделяют два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное – освещение, создаваемое солнечными лучами; искусственное – получение света от неестественных источников, из которых самыми распространенными на данный момент являются электрические лампы [1].

На сегодняшний день широкое применение получили следующие виды ламп освещения:

1. Люминесцентные – принцип работы состоит в создании токового канала за счет высоковольтного пробоя смеси газа и ртутного пара. Протекание тока вызывает свечение смеси в УФ-диапазоне, которое преобразуется в видимый свет люминофорным слоем на колбе.

Более технологичные энергосберегающие лампы спиральной и дуговой формы, использующие люминесценцию, выпускаются с минимальным количеством ртути или вообще без нее. Они имеют меньшую интенсивность светового потока, но зато более экологичны.

2. Металлогалогенные – представляют собой газоразрядные лампы, заполненные ртутными парами и излучающей добавкой галогенидов металлов. Особенностью этих устройств является наличие УФ-излучения в составе спектра и повышенный уровень внутреннего давления [2].

3. Со спиралью накаливания – свечение инициируется вольфрамовой нитью накала, которая сильно нагревается при прохождении через нее электрического тока.

4. Светодиодные – световой поток образуется за счет свечения сборки светодиодов, размещенной внутри стеклянной или полимерной колбы-рассеивателя. Внутри цоколя находится драйвер (AC/DC) с трансформатором, обеспечивающий светоизлучающие диоды нормированным напряжением.

На основании сравнительного анализа приведенных выше источников освещения светодиодные лампы считаются наиболее прогрессивными и современными. Преимуществом является наиболее длительный срок работы, устойчивость к перепадам температур и напряжения, экологичность, отсутствие УФ-излучения и высокий показатель экономии электрической энергии.

По оценке Международного энергетического агентства, примерно 19% всей потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение. Вопросы, связанные с рациональным потреблением энергии, являются актуальными для всего мирового сообщества, в том числе и для Российской Федерации. Так, согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года, одной из задач является энергосбережение и повышение энергоэффективности [3].

Исходя из выше сказанного следует, что при выборе источника освещения целесообразно обратить внимание именно на светодиодные лампы из-за приведенных преимуществ.

В данной работе было произведено исследование электрических и светотехнических характеристик светодиодной лампы, а именно изучение влияния напряжения, подаваемого на лампу, на силу тока и генерируемый световой поток, параметры которой приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Номинальные характеристики исследуемой лампы Uniel Sapphire

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Светоотдача, лм/Вт	cos φ
Светодиодная	220	8	800	≥ 92	0,7

Основными параметрами электрических ламп, которые важны для потребителей, являются [4]:

Световой поток – лучистый поток, оцениваемый по его действию на селективный приемник – глаз, относительная спектральная чувствительность которого определяется нормализованной функцией относительной спектральной световой эффективности излучения:

$$\Phi = \frac{V_{\max}(\lambda)}{c} \int_0^{\infty} \phi_{\lambda} V(\lambda) d\lambda,$$

где ϕ_{λ} – спектральная плотность лучистого потока; $V(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность глаза.

За единицу светового потока принят люмен (лм). Люмен равен потоку, излучаемому абсолютно черным телом с площади 0,5305 мм² при температуре затвердевания платины (2042 К).

Потребляемая мощность – численная мера количества электрической энергии, необходимой для функционирования электроприбора или преобразуемой им в процессе функционирования.

Светоотдача – отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им мощности, измеряется в люменах на ватт (лм/Вт). Является показателем эффективности и экономичности источников света.

Иными словами, светоотдача – это своеобразный коэффициент полезного действия источника освещения.

В работе световой поток оценивали по освещенности, которую измеряли люксметром типа Ю-16. Предполагая, что исследуемая лампа относится к источникам с кривой силы света (КСС) типа М (равномерная), т.е. световой поток распределяется равномерно в пространстве по всем направлениям. В этом случае можно световой поток определить по формуле:

$$\Phi = E \cdot S = E \cdot 4\pi l^2,$$

где l – расстояние от источника света до точки, где измеряется освещенность.

Экспериментальные исследования сводились к регистрации тока и создаваемой лампой освещенности при изменении напряжения питания и проводились на установке, приведенной на рис. 1.

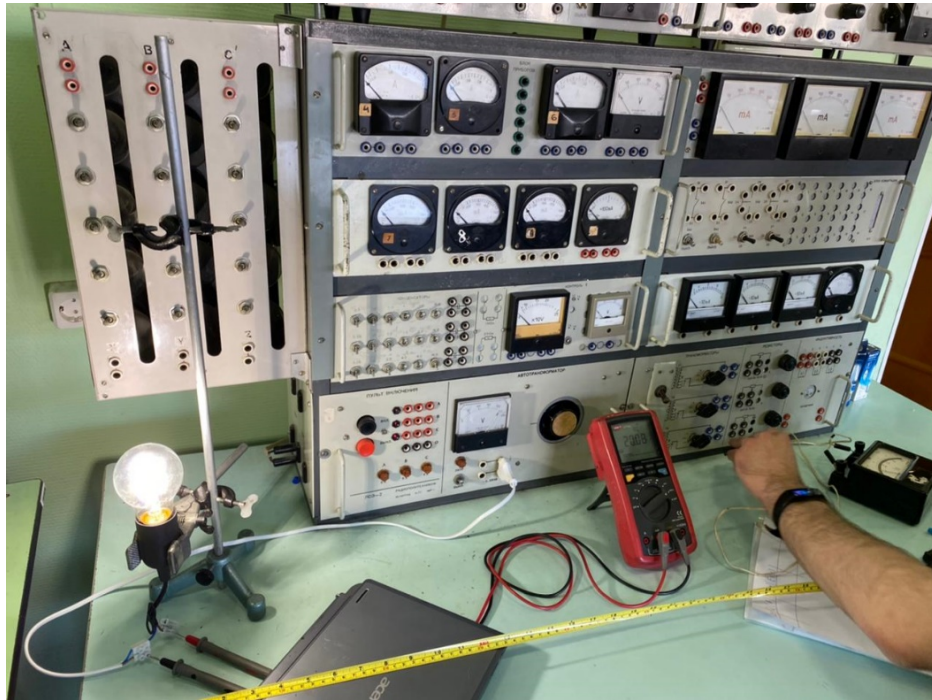


Рис. 1. Установка для исследования характеристик светодиодной лампы

Электрическая схема стенда, изображенная на рис. 1, включает в себя: блок питания, состоящий из автоматического выключателя, автотрансформатора; блок измерения электрических параметров, состоящий из вольтметра, амперметра; патрон с исследуемой лампой; блок измерения светового излучения, состоящий из селенового фотоэлемента и люксметра Ю-16.

Расчет характеристик лампы выполняли в нижеследующей последовательности.

В общем случае в электрической цепи синусоидального переменного тока изменение напряжения и тока во времени не совпадают. Активную мощность определяли по формуле для однофазной нагрузки:

$$P = IU \cos \varphi,$$

где I – сила тока, А; U – напряжение, В; φ – сдвиг фаз между током и напряжением.

Световой поток Φ_c определяли по формуле:

$$\Phi_c = 4\pi E l^2,$$

где E – освещенность фотоэлемента, лк; l – расстояние от лампы до фотоэлемента, м.

Рассчитывали светоотдачу, лм/Вт:

$$H_c = \frac{\Phi_c}{P}.$$

Вычисляли световой КПД, %:

$$\eta_c = \frac{\Phi_c}{680 \cdot P} \cdot 100\%.$$

В идеальном светодиоде с КПД = 100% каждый поступивший электрон излучает фотон света. Такая эффективность недостижима. В реальных устройствах она оценивается по соотношению светового потока к подведённой (потребляемой) мощности.

На этот показатель влияет несколько факторов:

1. *Эффективность излучения* – это количество фотонов, излучаемых на р-п переходе. Падение напряжения на нём составляет 1,5-3 В. При дальнейшем повышении напряжения питания оно не растёт, а увеличивается ток через прибор и яркость света [1; 4]. В отличие от лампы накаливания, она имеет линейную зависимость от протекающего тока только до определённой величины (рис. 3). При дальнейшем повышении тока дополнительная электрическая мощность расходуется только на нагрев, что ведёт к падению КПД.

2. *Оптический выход*. Все выделенные фотоны должны излучаться в окружающее пространство. Именно это является главным сдерживающим фактором для увеличения КПД светодиодов.

Некоторые светодиоды для лучшей передачи цвета покрываются слоем люминофора. В этом случае на КПД устройства дополнительно влияет *эффективность преобразования света*.

На рис. 2 приведены полученные экспериментально зависимости светового потока и силы тока от напряжения на лампе. Зависимости имеют нелинейный вид, что обусловлено нелинейностью вольт-амперной характеристики излучающих р-п переходов, применяемых в СД-источниках света.

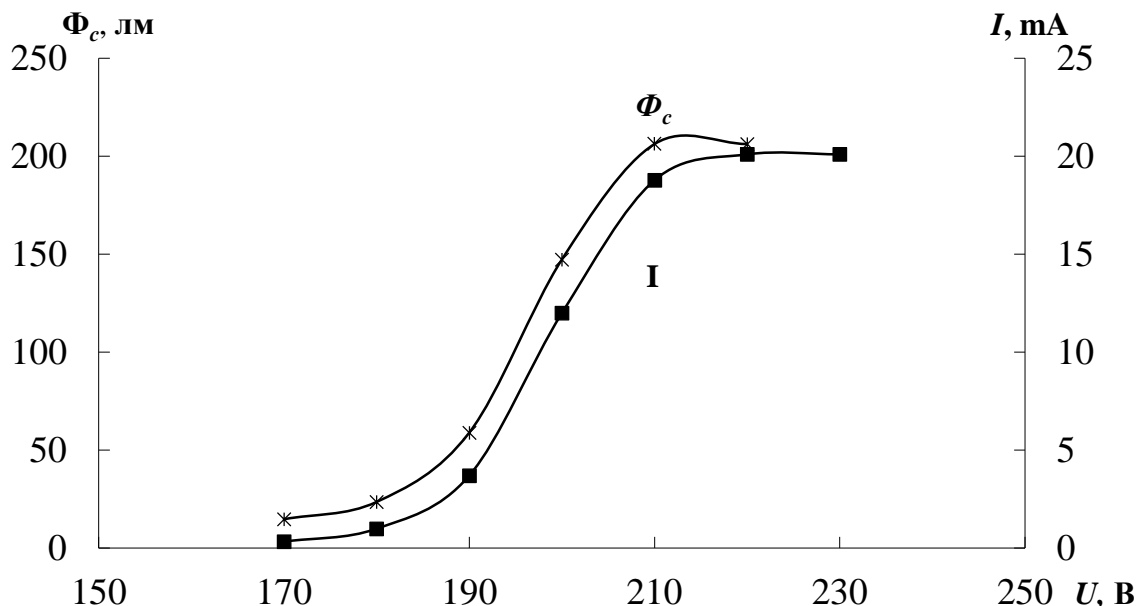


Рис. 2. Зависимость светового потока и силы тока от напряжения на лампе

На рис. 3 показана связь светового потока, излучаемого лампой, и силы тока. В отличие от лампы накаливания она имеет линейную зависимость от протекающего тока только до определенной величины.

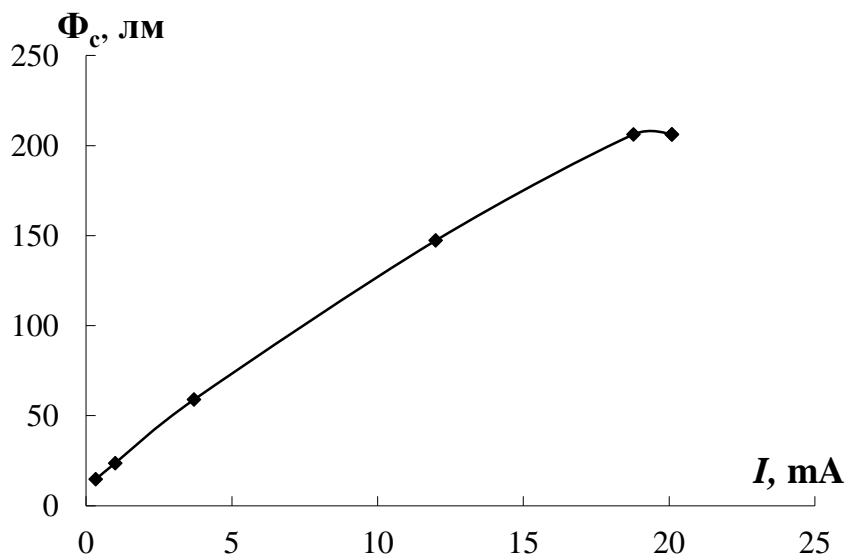


Рис. 3. Зависимость светового потока лампы от силы тока

Анализ рассмотренных источников искусственного освещения, которые нашли широкое применение в данное время, показал, что светодиодные лампы при работе являются безопасными для окружающей среды, период работы составляет около 50 тыс. часов, однако стоимость их больше в сравнении с рассмотренными лампами, но эта разница легко компенсируется экономией энергии.

Результаты проведенных экспериментов показывают, что светодиодная лампа зажигается при достижении критического значения силы тока (напряжения). Сила тока через светодиодную лампу нелинейно зависит от напряжения. Световой поток СД лампы линейно не растет с увеличением напряжения.

Список литературы:

1. Волков, А. Ф. Курс физики. В 2 томах. Т. 2. Колебания и волны. Волновая и квантовая оптика. Элементы квантовой механики. Основы физики твердого тела. Элементы физики атомного ядра: учебное пособие для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева. – 2-е изд. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2019. – 280 с. – Текст: непосредственный.
2. Колпачёв, А. Б. Квантовые явления в оптике: учебное пособие / А. Б. Колпачёв, О. В. Колпачёва. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 129 с. – Текст: непосредственный.
3. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – Москва. – Текст: непосредственный.
4. Дёмина, М. Ю. Светотехника: учебное пособие / М. Ю. Дёмина – Сыктывкар: СЛИ, 2016. – 116 с. – Текст: непосредственный.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Студент **Косников Максим Сергеевич**,
Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается вопрос, что такое анализ данных, а также его методы, платформы, используемые для исследования больших данных, их преимущества.

Ключевые слова: анализ данных, большие данные, исследование данных, информация, информационные технологии.

METHODS AND TECHNOLOGIES OF BIG DATA ANALYSIS

Student **Kosnikov Maksim Sergeevich**,
Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russian Federation

Abstract. The paper deals with the question of what data analysis is, as well as its methods, platforms used for the study of big data, their advantages.

Keywords: data analysis, big data, data research, information, information technology.

Об анализе данных слышал почти каждый, даже те, кто не связаны со сферой информационных технологий. С каждым днём тема больших данных становится всё популярнее и популярнее. Впервые термин Big Data (большие данные) в 2008 году предложил Клиффорд Линч – директор Коалиции за сетевую информацию, а также редактор журнала Nature. Лучшие высшие учебные заведения страны видят огромные перспективы в этой сфере. Стараются активно развивать направление изучения больших данных. Ведь каждый год объём генерируемой человеком информации увеличивается многократно. С связи с этим возникает проблема структурирования данных. На помощь приходит анализ больших данных.

Главная задача анализа данных – выявление наиболее ценной информации из большого объёма данных, будь то определение тенденций на рынке, прогнозирование показателей продаж или оптимизирование затрат предприятия. [1, с. 34] Рассмотрим различные методы исследования данных. Сперва выделим два основных:

1. Качественный анализ. Он направлен на интерпретацию вербальных данных. Помогает отвечать на вопросы как, почему, что. В большинстве случаев качественный анализ проводится путём анкетирования, опросов фокус групп [2].

2. Количественный анализ. Как правило, этот анализ на измерение цифр. Данные чаще всего представлены в виде графиков, шкал измерений, сводных таблиц.

Рассмотрим и другие методы изучения больших данных.

3. Анализ текста. Он направлен на создание структурированных данных из свободного и неструктурированного контента. Процесс состоит из нарезки кучей неструктурированных, разнородных файлов на простые для чтения, управления и интерпретации фрагменты данных. Этот метод также называют интеллектуальным анализом текста, текстовой аналитикой и извлечением информации. Самая большая проблема анализа текста – двусмысленность человеческих языков. Зачастую люди пишут одно, имея в виду совершенно другое, поэтому компьютер не способен в полной мере понять смысл, изначально заложенный человеком. Тем не менее, если этот текст будет передан на компьютер без предварительных знаний, он сгенерирует несколько лингвистически обоснованных интерпретаций.

4. Статистический анализ. Статистика включает в себя сбор, интерпретацию и проверку данных. Статистический анализ – это метод выполнения нескольких статистических операций для количественной оценки данных и применения статистического анализа. Количественные данные включают в себя описательные данные, такие как опросы и данные наблюдений. Это также называется описательным анализом.

5. Диагностический анализ. Это анализ первопричин, включает в себя такие процессы, как обнаружение данных, интеллектуальный анализ, детализация. Основные функции диагностической аналитики:

- Выявление аномалий. После выполнения статистического анализа аналитики должны определить области, требующие дальнейшего изучения, поскольку такие данные вызывают вопросы, на которые невозможно ответить, лишь просмотрев их.
- Детализация аналитики, по-другому эту функцию можно назвать обнаружением. Идентификация источников данных помогает аналитикам объяснить аномалии. Этот шаг часто требует поиска закономерностей за пределами существующих наборов данных. Это требует получения информации из внешних источников, таким образом выявляя корреляции и определяя, являются ли они причинно-следственными по своей природе.
- Определение причинно-следственных связей. Скрытые взаимосвязи обнаруживаются путем анализа событий, которые могли привести к выявленным аномалиям. Теория вероятностей, регрессионный анализ, фильтрация и анализ данных временных рядов – все это может быть полезно для выявления скрытых историй в данных.

6. Прогностический анализ. Этот анализ использует исторические данные и вводит их в модель машинного обучения для поиска критических закономерностей и тенденций [3]. Модель применяется к текущим данным, чтобы предсказать, что произойдет дальше. Многие организации предпочитают

его из-за его различных преимуществ, таких как объем и тип данных, более быстрые и дешевые компьютеры, простое в использовании программное обеспечение, более жесткие экономические условия и необходимость конкурентной дифференциации. Стоит привести некоторые области применения прогностического анализа:

- Обнаружение мошенничества. Несколько методов аналитики улучшают обнаружение закономерностей и предотвращают преступное поведение.
- Оптимизация маркетинговых кампаний. Прогнозирующие модели помогают компаниям привлекать, удерживать и развивать своих наиболее прибыльных клиентов. Это также помогает в определении реакции клиентов или покупок, продвигая возможности перекрестных продаж.
- Совершенствование операций. Использование прогнозных моделей также включает в себя прогнозирование запасов и управление ресурсами. Например, авиакомпании используют прогнозные модели для определения цен на билеты.
- Снижение риска. Кредитный рейтинг, используемый для оценки вероятности дефолта покупателя по покупкам, генерируется прогностической моделью, которая включает все данные, относящиеся к кредитоспособности человека. Другие виды использования, связанные с риском, включают страховые выплаты и взыскания.

7. Предписывающий анализ. Предписывающая аналитика предлагает различные варианты действий и описывает потенциальные последствия, которые могут быть достигнуты после прогностического анализа. Предписывающий анализ, генерирующий автоматизированные решения или рекомендации, требует специфического и уникального алгоритмического и четкого руководства со стороны тех, кто использует аналитические методы.

Разобравшись с основными методами анализа данных, рассмотрим, как на практике применяются эти методы в настоящее время, какие программные продукты для этого существуют и на каком уровне они предоставляют возможность проводить анализ данных.

Для исследования больших данных можно использовать специализированные программы разных уровней. Чаще всего выделяют три уровня: no-code, low-code и pro-code. Разберёмся подробнее с каждым уровнем и рассмотрим программные продукты, предназначенные для каждого из них.

No-code, переводя дословно, означает без кода, или же без программирования. Для использования no-code платформ нет необходимости в знании языка программирования, все исследования пользователь производит с помощью интерфейса программы. Для работы в таких приложениях не нужны специализированные знания, каждый человек может с лёгкостью разобраться в их принципе работы и сразу же начать работать. Однако такие платформы не позволяют в полной мере решить поставленные пользователем проблемы. Наиболее популярные программные продукты, позволяющие работать с анализом данных на no-code уровне: Microsoft Excel, Google Sheets, Мой Офис.

Далее идут low-code платформы, позволяющие исследовать большие данные с минимальным знанием языков программирования. Лидером в этой отрасли является внесённая в реестр российских программ платформа Loginom. Она позволяет реализовать любые аналитические процессы: от интеграции и подготовки данных до моделирования, развертывания и визуализации. Но при использовании таких low-code программ пользователь жертвует скоростью решения поставленных задач, по сравнению с pro-code платформами.

Под pro-code или же high-code понимают специализированные языки программирования, а также их библиотеки. Самым распространённым и активно развивающимся в этой сфере языком программирования на сегодняшний день является язык Python, а его библиотеки SciPy и NumPy позволяют решить задачи практически любой сложности [4]. Существует и другие библиотеки для анализа данных, однако они не настолько популярны.

Сегодня все три уровня платформ используются при обучении в высших учебных заведениях. В курсах по математическому анализу и теории вероятностей активно используются как no-code, так и low-code или даже high-code платформы.

Таким образом сфера анализа данных очень востребована и перспективна. Анализ больших данных является ключом к успеху любого бизнеса, для крупного бизнеса это даже необходимость. А статистическая вероятность, рассчитанная на основе анализа данных, помогает принимать наиболее важные решения, исключая человеческие предвзятость, ошибки, необъективность.

Список литературы:

1. Макшанов, А. В. Большие данные. Big Data / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев, Л. Н. Тындыкарь. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 188 с. – Текст: непосредственный.
2. Юре, Л. Анализ больших наборов данных / Л. Юре, Р. Ананд, Д. У. Джеффри; перевод с английского А. А. Слинкин. – Москва: ДМК Пресс, 2016. – 498 с. – Текст: непосредственный.
3. Шаститко, А. Е. Ценообразование на основе больших данных: теоретические аспекты / А. Е. Шаститко, О. А. Маркова, А. И. Мелешкина, А. Н. Морозов. – Москва: Дело РАНХиГС, 2021. – 52 с. – Текст: непосредственный.
4. Маккинни, У. Python и анализ данных / У. Маккинни; перевод с английского А. А. Слинкина. – 2-ое изд., испр. и доп. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 540 с. – Текст: непосредственный.

© Косников М. С., 2022

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЯХ

Студент **Назметдинов Нияз Расихович**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В то время как количество электромобилей на аккумуляторных батареях быстро растет, а электромобили рассматриваются как будущее автомобилей без выбросов, водородные автомобили все еще несколько упускаются из виду. Хотя в мире есть автомобили с водородным двигателем, очень немногие люди в настоящее время покупают или даже рассматривают их для покупки. В данной статье будут рассмотрены преимущества и недостатки автомобилей на водородном топливе, а также перспективы их применения.

Ключевые слова: водород, альтернативное топливо, транспорт, автомобиль, преимущества, недостатки.

PROSPECTS FOR THE USE OF HYDROGEN FUEL IN CARS

Student **Nazmetdinov Niyaz Rasikhovich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. While the number of battery-powered electric vehicles is growing rapidly and electric vehicles are widely seen as the future of emission-free cars, hydrogen cars are still somewhat overlooked. Although there are hydrogen-powered cars in the world, very few people are currently buying or even considering buying them. This article will discuss the advantages and disadvantages of hydrogen-fueled cars, as well as the prospects for their use.

Keywords: hydrogen, alternative fuel, transport, car, advantages, disadvantages.

Водородный автомобиль – это тип альтернативного топливного транспорта, который использует водородное топливо в качестве движущей силы. Водородные транспортные средства включают космические ракеты на водородном топливе, автомобили и другие транспортные средства. Мощность вырабатывается путем преобразования химической энергии водорода в механическую энергию либо путем реакции водорода с кислородом в топливном элементе для питания электродвигателей, либо, реже, путем сжигания водорода в двигателе внутреннего сгорания.

По состоянию на 2022 год на некоторых рынках доступны две модели водородных автомобилей: Toyota Mirai (производится с 2015 года, который

является первым в мире серийным электромобилем на топливных элементах FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) и Hyundai Nexo (производится с 2018 года). Honda Clarity выпускалась с 2016 по 2021 год [1].

По состоянию на 2019 год, 98% водорода производится паровым риформингом метана, который выделяет монооксид углерода [2]. Его можно производить термохимическим или пиролизическим способом с использованием возобновляемого сырья, но в настоящее время эти процессы дороги. Разрабатываются различные технологии, направленные на обеспечение достаточно низких затрат и достаточно больших количеств, чтобы конкурировать с производством водорода с использованием природного газа [3].

Водородный автомобиль используют двигательную установку, аналогичную двигательной установке электромобилей, где энергия, запасенная в виде водорода, преобразуется топливным элементом в электричество. В отличие от обычных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, эти автомобили не производят вредных выбросов из выхлопных труб (рис. 1).

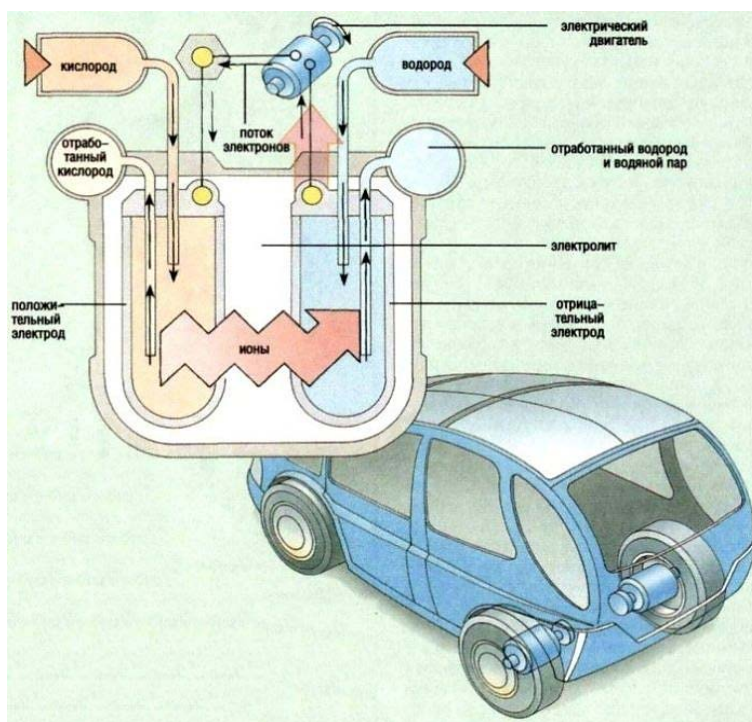


Рис. 1. Принцип работы водородного двигателя [4]

Основными недостатками использования водорода в качестве топлива являются высокие выбросы углерода при производстве водорода из природного газа, низкое содержание энергии на единицу объема в условиях окружающей среды, трудности производства и сжатия водорода, инвестиции, необходимые для строительства заправочных станций по всему миру для дозирования водорода, сложности транспортировки водорода на заправочные станции. Также следует отметить, что водородное топливо опасно из-за низкой энергии воспламенения и высокой энергии сгорания водорода, а также потому, что оно имеет тенденцию легко вытекать из резервуаров.

Наиболее распространенным типом топливных элементов для транспортных средств является топливный элемент с полимерной электролитной

мембраной (ПЕМ). В топливном элементе ПЭМ электролитная мембрана зажата между положительным электродом (катодом) и отрицательным электродом (анодом). Водород вводится на анод, а кислород (из воздуха) – на катод. Молекулы водорода распадаются на протоны и электроны в результате электрохимической реакции в катализаторе топливного элемента. Затем протоны проходят через мембрану к катоду.

Электроны вынуждены проходить через внешнюю цепь для выполнения работы (обеспечения питания электромобиля), а затем рекомбинировать с протонами на стороне катода, где протоны, электроны и молекулы кислорода объединяются с образованием воды.

Поскольку водородные и аккумуляторные транспортные средства используют электродвигатели, они имеют много общих технологий. Единственная реальная разница – это источник питания: топливные элементы и батареи. Электромобили, основанные на химии литий-ионных аккумуляторов, вряд ли смогут преодолеть дистанцию в 150-250 километров на одном заряде. И хотя этого может быть достаточно, чтобы покрыть городское вождение, потребителям нравится иметь возможность ездить по пересеченной местности. Таким образом, при отходе от бензина большая дальность хода водородного автомобиля может дать ему преимущество в долгосрочной перспективе.

Водородные автомобили питаются чистым газообразным водородом, хранящимся в баке на транспортном средстве. Подобно обычным автомобилям с двигателями внутреннего сгорания, они могут заправляться топливом менее чем за 4 минуты и иметь дальность хода более 480 км.

Водородные авто оснащены другими передовыми технологиями для повышения эффективности, такими как системы рекуперативного торможения, которые улавливают энергию, потерянную во время торможения, и хранят ее в батарее. Крупные производители автомобилей предлагают ограниченное, но растущее число производственных автомобилей для общественности на определенных рынках в соответствии с тем, что может поддерживать развивающаяся инфраструктура.

Независимо от дальности езды, каждый автомобиль в какой-то момент нуждается в топливе. Транспортные средства на топливных элементах никогда не будут продаваться с размахом, пока не появится жизнеспособная сеть станций технического обслуживания для их заправки. Но никто не собирается вкладывать капитал, необходимый для создания такой сети, пока не будет парка водородных транспортных средств, чтобы обеспечить рынок.

Водородные насосы могут быть добавлены на существующие заправочные станции, где на первый взгляд они выглядят так же, как обычные насосы. Поскольку используемый водород представляет собой сжатый газ, заполнение бака – это не просто размещение сопла в отверстии бензобака и предоставление гравитации позаботиться об остальном. Вместо этого между соплом и автомобилем должно быть установлено плотное уплотнение, и мощные насосы должны пропускать водород через сопло до тех пор, пока не будет достигнуто желаемое давление. На практике водородные насосы нынешнего поколения уже

достаточно просты и безопасны для использования среднестатистическим потребителем (рис. 2).



Рис. 2. Заправка водородом

Более важный вопрос, стоящий перед производителями автомобилей, заключается в том, насколько быстро будет распространяться сеть водородных заправочных станций. Например, в Соединенных Штатах количество водородных насосов в настоящее время измеряется десятками, в России их вовсе единицы. Использование водорода в качестве энергоносителя позволит как существенно сократить потребление ископаемых углеводородных топлив, так и значительно продвинуться в решении экологической проблемы загрязнения атмосферы городов вредными для здоровья человека составляющими выхлопных газов автомобилей. Однако, в основном, широкое внедрение водородного топлива пока сдерживается более высокой ценой водорода по сравнению с привычным жидким и газовым топливом, отсутствием необходимой инфраструктуры и высоким уровнем опасности.

Список литературы:

1. Toyota Reveals \$70,000 Fuel Cell Sedan – Sales in Japan Start April 2015, Shortly After In Europe & US (w/videos) // INSIDEEVs. URL: <https://insideevs.com/news/322636/toyota-reveals-70000-fuel-cell-sedan-sales-in-japan-start-april-2015-shortly-after-in-europe-amp-us/> (дата обращения: 08.05.2022).
2. Realising the hydrogen economy // Power Technology. URL: <https://www.autoblog.com/site-map/?sid=3> (дата обращения: 09.05.2022).
3. Wind-to-Hydrogen Project. URL: https://web.archive.org/web/20090826043817/http://nrel.gov/hydrogen/proj_wind_hydrogen.html (дата обращения: 09.05.2022).
4. Двигатели на водородном топливе. Драйвер: [сайт]. – URL: <https://automobile-zip.ru/needtoknow/vodorodnyj-dvigatel-dla-avtomobila-ustrojstvo-princip-raboty-kak-sdelat-svoimi-rukami.html> (дата обращения: 09.05.2022).

РИСКИ АВАРИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ. МЕРЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНОСТИ

Студент **Александрова Виктория Евгеньевна**,
Канд. техн. наук, доцент **Башарина Ирина Александровна**,
Самарский государственный технический университет,
г. Самара, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлен расчет рисков одной из крупномасштабных аварий в угольной шахте, а также рассмотрены меры для снижения взрывоопасности на опасно-производственном объекте.

Ключевые слова: угольная шахта, риски, метан, угольная пыль, чрезвычайная ситуация.

RISKS OF ACCIDENTS AT COAL MINES. MEASURES TO REDUCE THE RISK OF EXPLOSION

Student **Alexandrova Victoria Evgenievna**,
PhD in Technology, Associate Professor **Basharina Irina Alexandrovna**,
Samara State Technical University,
Samara, Russian Federation

Abstract. The paper presents a risk calculation of one of the large-scale accidents in a coal mine, and also considers measures to reduce the explosion hazard at a hazardous production facility.

Keywords: coal mine, risks, methane, coal dust, emergency.

Большое количество опасностей, возникающих при ведении подземных работ, создают риски появления аварий. Для горных работ характерна повышенная угроза жизни работников и риск развития профессиональных заболеваний.

По статистическим данным с 2010 по 2021 гг. в Российской Федерации на угольных шахтах произошло 177 аварий. Одними из главных причин гибели работников являются взрывы метана и угольной пыли – 34 %; обвалы и обрушения горной массы – 13 %; эксплуатация транспорта – 8 %.

Эта тема актуальна на сегодняшний день так, как на территории России расположено 23 угольных бассейна и 130 отдельных месторождений, добычу на которых осуществляют 67 угольных шахт. Это приводит к повышению газообильности подземных выработок и росту опасности травмирования рабочих при взрывах метана и пыли.

Взрывы метановоздушной смеси и угольной пыли могут происходить при трех обязательных условиях: повышенной концентрации метана, достаточного объема взвешенной или осевшей пылевоздушной смеси, источника воспламенения достаточной мощности.

Процессы проведения подготовительных выработок, бурения, транспортировки и погрузки отбитой массы угля связаны с появлением пыли, оседание ее и накапливания на территории шахт. Это приводит к образованию взрывоопасных концентраций смеси метана, кислорода и пыли, взрыв которой вызывает разрушения.

Также возникновение аварии, связанной со взрывом, возможно при ненадлежащем выполнении пылегазового режима. Одним из главных поражающих факторов при взрыве является воздействие избыточного давления ударной волны. ЧС будет происходить в такой последовательности: появление в атмосфере превышений концентрации метана, угольной пыли взрывоопасной концентрации, появление источника воспламенения, детонация, взрыв пыли, разрушение (повреждение) выработки, элементов крепи.

По такому сценарию произошла одна из крупномасштабных аварий в угольной шахте «Северная» 25 февраля 2016 года, г. Воркута, Республика Коми.

Согласно официальной версии, причиной аварии стал внезапный выброс метана и два взрыва, повлекшие обрушение породы.

25 февраля 2016 г. в шахте произошли два взрыва, в результате чего шахта частично обрушилась и четыре человека погибли, а двадцать шесть оказались в ловушке. Взрывы, произошедшие на глубине около 780 метров под землей с разницей в час, были вызваны возгоранием утечки метана. Операции по спасению шахтеров начались незамедлительно, в них приняли участие не менее 500 человек. Этим усилиям мешало удаленное расположение Воркуты за Полярным кругом, наличие метана в шахте, который, как опасались рабочие, мог спровоцировать новый взрыв, и отсутствие связи с захваченными шахтерами [1].

Утром 28 февраля в шахте произошел третий взрыв, предположительно вызванный газом метаном, который вызвал дальнейшее обрушение. Шесть человек, пытаясь добраться до попавших в ловушку горняков, погибли. Были разработаны планы тушить пожар, либо лишив его кислорода, либо частично затопив шахту после прекращения спасательных работ. Три дополнительных взрыва произошли в шахте в период с 28 февраля по 1 марта после прекращения спасательных работ, при этом сообщений о пострадавших не поступало [1]. Поскольку шахта теперь считается слишком опасной для входа рабочих, были задействованы специальные роботы, оснащенные камерами, датчиками газа и другими измерительными приборами, чтобы обследовать повреждения и определить, когда в шахту можно безопасно попасть снова.

Авария на шахте была мгновенной, а потому разрушительной.

Подземные выработки конвейерного штрека 50-12 и Северного осевого вентиляционного штрека в связи с удаленностью больше подвержены взрывопожароопасным процессам.

Поэтому именно в этих местах необходимо провести оценку количества опасного вещества, участвующего в ЧС.

Результаты расчетов массы угольной пыли, участвующей в ЧС и в создании поражающих факторов (таблица 1).

Таблица 1 – Расчеты массы угольной пыли (1-й вариант)

<i>Наименование объекта</i>	<i>Общий объем, м³</i>	<i>Масса угольной пыли, кг</i>
Конвейерный штрек 50-12	16,5	30,6
Северный осевой вентиляционный штрек	17,6	32,4

По данным геологов было известно, что форма сечения выработок – прямоугольная, при равном или железобетонном креплении – арочная. [2, с. 132] Сечение участков штреков равно 16,5 м², северного осевого конвейерного штрека – 17,6 м², есть необходимое количество воздуха для проветривания при горных работах.

Далее рассчитаем показатели избыточного давления ударной волны взрыва угольной пыли (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели избыточного давления (1-й вариант)

<i>Наименование объекта</i>	<i>Общий объем, м³</i>	<i>Масса угольной пыли, кг</i>	<i>Избыточное давление ударной волны, кПа</i>	<i>Объем разрушений, м</i>
Конвейерный штрек 50-12	16,5	30,6	42,3	200
Северный осевой вентиляционный штрек	17,6	32,4	41,9	0

Вывод. При возможном взрыве метановоздушной смеси и угольной пыли в выработке на отметке +88,0 м произойдет сильное разрушение (50 %-ное) конвейерного штрека 50-12, сильное разрушение шахты – разрушение большей части элементов крепи, разрушение вентиляционных трубопроводов, противопожарных трубопроводов, водоотлива и перемычек. При этом могут сохраняться наиболее прочные элементы крепления, частично борта и кровля выработок и выработки, пройденные в северном поле, а также вышележащие. При сильном разрушении образуется завал [3, с. 95]. Восстановление возможно с использованием сохранившихся частей и конструктивных элементов, люди, находящиеся непосредственно в забое тупиковой выработки, погибнут, либо могут получить серьезные травмы.

Попробуем смоделировать ситуацию, в которой понизим нижний концентрационный предел взрываемости угольной пыли в воздухе в 1,5 раза, будет равен 15 г/м³ (таблица 3).

Таблица 3 – Расчеты массы угольной пыли (2-й вариант)

<i>Наименование объекта</i>	<i>Общий объем, м³</i>	<i>Масса угольной пыли, кг</i>
Конвейерный штрек 50-12	16,5	19,8
Северный осевой вентиляционный штрек	17,6	21,1

Далее рассчитаем показатели избыточного давления ударной волны взрыва угольной пыли (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели избыточного давления (2-й вариант)

<i>Наименование объекта</i>	<i>Общий объем, м³</i>	<i>Масса угольной пыли, кг</i>	<i>Избыточное давление ударной волны, кПа</i>
Конвейерный штрек 50-12	16,5	19,8	27,4
Северный осевой вентиляционный штрек	17,6	21,1	27,1

Вывод. При возможном взрыве метановоздушной смеси и угольной пыли в выработке на отметке +88,0 м произойдут средние повреждения (28 %-ные) конвейерного штреха 50-12 и вентиляционного штреха. Средние разрушения характеризуются разрушением, главным образом, встроенных элементов, трещинами в стенах, обрушением чердачных перекрытий, подвалы сохраняются, завалы не образуются – требуется капитальный ремонт [3], следовательно, если газоанализаторы были отлажены хотя бы на такую концентрацию, то разрушений и поражений персонала было бы меньше.

Меры для снижения взрывоопасности

Соблюдение техники безопасности, пользуясь рекомендациями 13 главой 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Первый шаг к обеспечению безопасной работы – это строгое соблюдение технологии производства всеми сотрудниками.

Дегазация угольной шахты. Для предотвращения аварий проводится дегазация угольных шахт: природные газы удаляются из массива угля вакуумными насосами и выводятся на поверхность. При этом за состоянием воздуха в шахте следят многочисленные газоанализаторы, совмещенные с системами оповещения и защиты, – если уровень метана в воздухе превысит допустимые пределы, сигнализация сработает и персонал будет эвакуирован.

Настройка систем контроля безопасности. Согласно документу «Правила безопасности в угольных шахтах», действующему на территории России, на угледобывающих предприятиях должны применяться многофункциональные системы безопасности.

Еще одним из современных способов является применение ВВ при предупреждении и ликвидации ЧС на угольных шахтах. В большинстве угольных шахт выделяется метан, который с воздухом образует взрывчатую смесь. Метан воспламеняется не сразу при появлении источника высокой температуры, а с некоторым запозданием (период индукции). Для соблюдения этого условия при взрывных работах в шахтах, опасных по газу и угольной пыли, созданы предохранительные ВВ с температурой взрыва 1200-2800°С и высокой скоростью.

В настоящее время изготавливают специальные патроны СП-1 с зарядом угленита Э-6 массой 185 г. Для возбуждения взрыва заряда необходимо создать начальный импульс, затратив определенное количество энергии извне. Начальный импульс можно создать огневым, электрическим способом инициирования и инициированием с помощью детонирующего шнура. Основная задача при создании современных предохранительных ВВ состоит в том, чтобы обеспечить наиболее высокие их энергетические характеристики, тем самым повысить эффективность работ при добыче пород и угля [4].

Таким образом, многократное превышение уровня допустимого индивидуального риска, наряду с катастрофическими социальными и экономическими последствиями, свидетельствует о высокой актуальности задач по минимизации профессионального риска травмирования персонала угольных шахт при взрывах метана и пыли.

Список литературы:

1. Воркутинская шахта катастрофа: [сайт]. – 2016. – URL: https://www.hmong.press/wiki/Vorkuta_mine_disaster (дата обращения: 05.02.2022). – Текст: электронный.
2. Безопасность при взрывных работах: сборник документов / кол. авт. Вып. 1. Серия 13. – 2-е изд. – М.: Федеральное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2007. – Текст: непосредственный.
3. Кирюшина, Е. В., Вокин, В. Н., Кадеров, М. Ю. Технология и безопасность взрывных работ: учебное пособие / Е. В. Кирюшина, В. Н. Вокин, М. Ю. Кадеров – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. – Текст: непосредственный.
4. Основные свойства взрывчатых материалов: [сайт]. – 2016. – URL: <http://dnop.kiev.ua/2014/08/osnovnye-svoystva-vzryvchatyx-materialov/> (дата обращения: 05.02.2022). – Текст: электронный.

© Александрова В. Е., Башарина И. А., 2022

ОСОБЕННОСТИ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СКАЛЯРНОГО И ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Студент **Васюхно Никита Сергеевич**,
Науч. руководитель: зав. кафедрой автоматизированного электропривода
и электротехники, канд. техн. наук, доцент
Благодарный Николай Семенович,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье приведен сравнительный анализ скалярного и векторного управления асинхронного двигателя с целью определения наиболее подходящего способа для любой сферы производства и не только.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, скалярное управление, векторное управление, электропривод.

FEATURES AND COMPARATIVE ANALYSIS OF SCALAR AND VECTOR CONTROL IN ASYNCHRONOUS MOTORS

Student **Vasyukhno Nikita Sergeevich**,
Academic Adviser: Head of the Department of Automated Electric Drive and
Electrical Engineering, PhD in Technology, Associate Professor
Blagodarniy Nikolai Semenovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. This article provides a comparative analysis of scalar and vector control of an asynchronous motor in order to determine the most suitable method for any field of production and not only it.

Keywords: asynchronous motor, scalar control, vector control, electricdrive.

На сегодняшний день асинхронный двигатель широко распространён во многих отраслях производства и в быту. Асинхронные двигатели можно встретить в холодильнике, стиральной машине, кондиционере, а также они могут быть установлены на насосной станции, на конвейере, на подъемной установке и т. д.

Рациональность применения асинхронного двигателя обусловлена достоинствами данной электрической машины: относительно невысокая стоимость, простота конструкции, надежность, простая схема запуска [1].

Рассмотрим более подробно регулирование скорости вращения асинхронного двигателя. Двигатель в обычном режиме работы имеет стандартную скорость вращения. Это ограничивает его использование. Возникает необходимость применения различных редукторных механизмов для понижения скорости до требуемой величины. Однако такие решения не позволяют регулировать скорость вращения в широких диапазонах. В настоящее время скорость вращения асинхронных двигателей регулируется в основном путем изменения частоты и амплитуды питающего напряжения. Существуют скалярный и векторный способы регулирования. Рассмотрим их отдельно.

Векторное управление электродвигателя с короткозамкнутым ротором подразумевает изменение его момента и магнитного потока. Реализация этого управления предполагает использование микроконтроллеров. Благодаря векторному подходу скорость вращения вала с учетом нагрузки и момент на самом валу можно регулировать независимо и почти безынерционно [2].

На рис. 1 представлена структурная схема системы векторного управления асинхронным двигателем. Блоки координатных преобразований БКП 1 и БКП 2 необходимы для преобразований напряжений из системы неподвижных координат в систему координат, вращающихся синхронно с полем двигателя. Блок оцифровки и преобразований оцифровывает сигналы датчиков и преобразует измеренные величины из абсолютных в относительные. Блок обработки сигналов датчиков положения – рассчитывает скорость ротора [3].

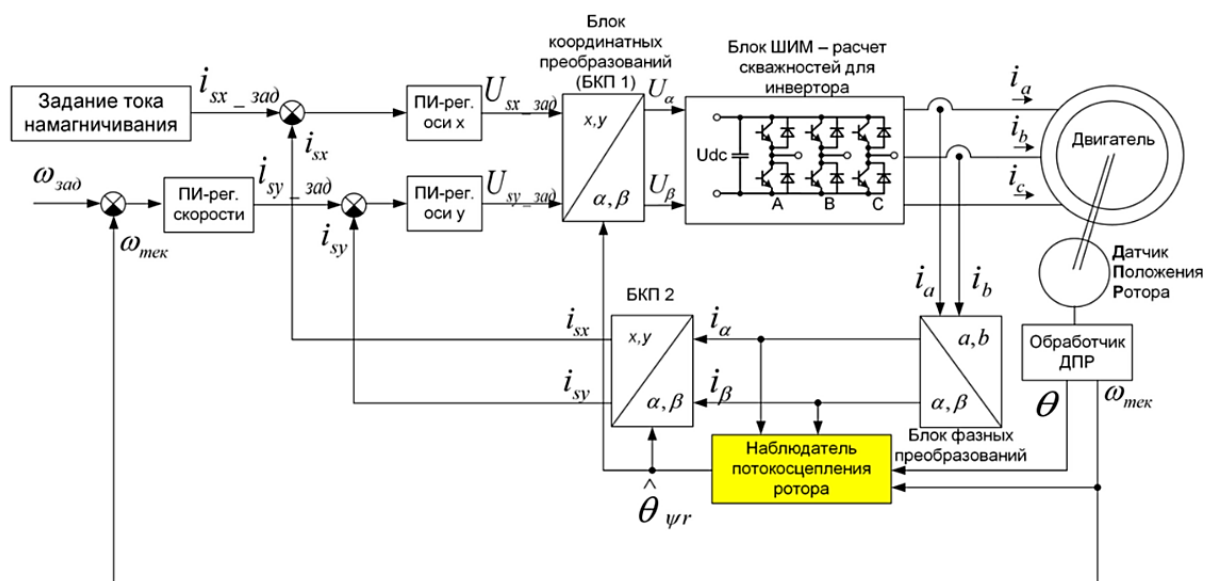


Рис. 1. Структурная схема системы векторного управления асинхронным двигателем

Рассмотрим скалярное управление двигателем, схема которого показана на рис. 2.

Наибольшее распространение скалярное управление получило в асинхронном двигателе. Например, для контроля скорости вращения насоса, при скалярном управлении достаточно поддерживать постоянной скорость вращения

ротора. А вот для поддержания скорости достаточно сигнала обратной связи от датчика давления или от датчика скорости [4].

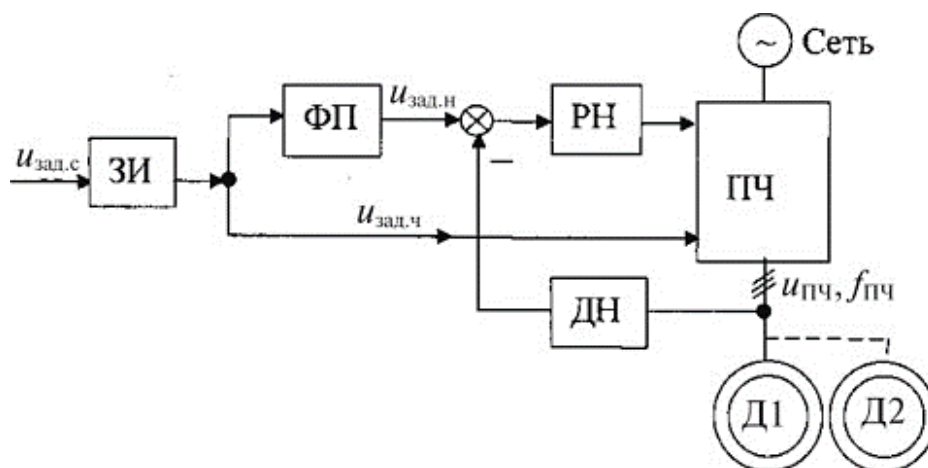


Рис. 2. Функциональная схема системы асинхронного электропривода с частотно-параметрическим регулированием

Принцип такого подхода достаточно прост: амплитуда входного напряжения представляется функцией частоты, при этом отношение напряжения к частоте оказывается приблизительно постоянным.

Частоту, после преобразователя, определяют параметрами значений заданной скорости. Функциональный преобразователь используют, чтобы поддерживать требуемое соотношение между напряжением и частотой. Замкнутый контур с функцией регулирования напряжения, включающий в себя обратную связь по напряжению, необходим для компенсации падения напряжения в преобразователе частоты. При достижении частоты статора в районе 50 Гц, регулятор начинает работать на ограничение. Повышая скорость, напряжение остаётся номинальным [5].

Благодаря вышеперечисленным свойствам, магнитный поток в двигателе остаётся постоянным.

При всей простоте у данного способа есть и свои недостатки:

- невозможность одновременного регулирования двух значений – момент и скорость;
- незначительное количество скоростей;
- малый момент на невысоких скоростях/частотах;
- низкокачественная работа с динамически изменяющейся нагрузкой.

Оба метода управления асинхронными двигателями широко распространены. Однако технически способы имеют большие различия и, соотнося их друг с другом, возникает вопрос в целесообразности использования одного из них.

Векторный способ управления, как говорилось раньше, является более совершенным. И этому есть подтверждения.

Во-первых, переходные процессы в векторном методе протекают плавно без перерегулирования. Векторный метод обладает большим быстродействием и безынерционностью.

Во-вторых, векторный метод управления может осуществляться на бездатчиковой основе. Это позволит сократить стоимость электропривода в целом и решить ряд проблем с использованием датчиков, например, необходимость дополнительных линий коммуникации между датчиком положения и системой управления. Кроме того, датчик не всегда может быть установлен в электроприводе.

В-третьих, возможность самостоятельного задания момента и потока. Существует возможность ограничения момента и потока на необходимом уровне с целью поддержания параметров, не превышающих установленных.

Также векторный способ подразумевает контроль форсирования токов в случаях, когда необходимо в несколько раз увеличить момент.

Метод включает в себя возможность регулирования потока (ток оси x): если нагрузка на двигателе мала, можно ослабить его, уменьшив тем самым потери.

Возможность использования асинхронного двигателя в качестве тягового, например, в электротранспорте, задавая требуемый момент тяги [3].

Таким образом, векторное управление асинхронным двигателем является одним из лучших решений для работы электропривода в динамичных условиях.

Сравнивая скалярный и векторный способы управления, можно прийти к выводу, что на низкой частоте вращения вала двигателя номинальный момент возможно поддерживать только при векторном способе регулирования.

Список литературы:

1. Архипцев, Ю. Ф. Асинхронные электродвигатели / Ю. Ф. Архипцев – М.: Книга по требованию, 2012. – 108 с. – Текст: непосредственный.
2. Борисевич, А. В. Энергосберегающее векторное управление асинхронными электродвигателями. Обзор состояния и новые результаты / А. В. Борисевич. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 104 с. – Текст: непосредственный.
3. Векторное управление для асинхронного двигателя: [сайт]. – URL: <https://clck.ru/hcn7e> (дата обращения: 19.05.2022).
4. Скалярное управление асинхронным короткозамкнутым двигателем по активной составляющей тока статора: [сайт]. – URL: <https://clck.ru/hcn3T> (дата обращения: 19.05.2022).
5. Скалярные системы частотного регулирования скорости асинхронного двигателя: [сайт]. – URL: <https://clck.ru/hcn9o> (дата обращения: 19.05.2022).

© Васюхно Н. С., 2022

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Студент **Филимонов Сергей Сергеевич**,
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматривается метод повышения эффективности систем охлаждения силовых масляных трансформаторов с помощью элегаза (SF₆) и использование процесса барботажа. Движение через жидкость пузырьков газа позволяет увеличить коэффициент теплообмена системы. Также мы описали установку силового масляного трансформатора и провели исследование, где сравнили характеристики остывания трансформаторного масла с использованием процесса барботажа и без него.

Ключевые слова: трансформатор, система охлаждения, элегаз (SF₆), теплопроводность, барботажа, холодильные установки, эффективность системы.

COMPARISON OF TRANSFORMER OIL COOLING CHARACTERISTICS

Student **Filimonov Sergey Sergeevich**,
Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russian Federation

Abstract. This article discusses a method for increasing the efficiency of cooling systems for power oil transformers using electronegative gas (SF₆) and the use of the bubbling process. The movement of gas bubbles through the liquid makes it possible to increase the heat transfer coefficient of the system. We also described the installation of a power oil transformer and conducted a study comparing the cooling characteristics of transformer oil with and without the bubbling process.

Keywords: transformer, cooling system, electronegative gas (SF₆), thermal conductivity, bubbling, refrigeration units, system efficiency.

Важнейшим фактором в энергообеспечении является непрерывность технологических процессов и надежность электроустановок. Таким образом, проблема обеспечения эффективности и бесперебойности энергетических систем стоит на первом месте.

На энергетических предприятиях преобладают силовые масляные трансформаторы с устаревшими системами охлаждения, которые не осуществляют в должной мере эффективный отвод тепла от токоведущих элементов при значительных перегрузках, что существенно снижает их надёжность и надежность всей системы в целом. В данной работе для повышения эффективности систем охлаждения силовых масляных трансформаторов рассматривается метод барботирования охлаждающего масла циркулирующим

элегазом и дальнейшее охлаждение элегаза с помощью термоэлектрического холодильника [1; 2; 3].

Необходимо было экспериментально исследовать влияние пузырьков газа и циркуляции масла на напряжение и электрические характеристики пробоя трансформаторного масла. Доказано, что наличие пузырьков с элегазом заметно снижает напряжение электрического пробоя.

Есть ряд причин, по которым применение элегаза наиболее выгодно, чем использование других веществ. Он обладает высокими электроизолирующими и дугогасящими свойствами, высоким напряжением пробоя, инертность данного газа выше, чем у азота, а также элегаз является достаточно доступным для приобретения. Для этого газа характерен большой коэффициент теплового расширения и высокая плотность, что положительно влияет для энергетических установок и систем [4; 5].

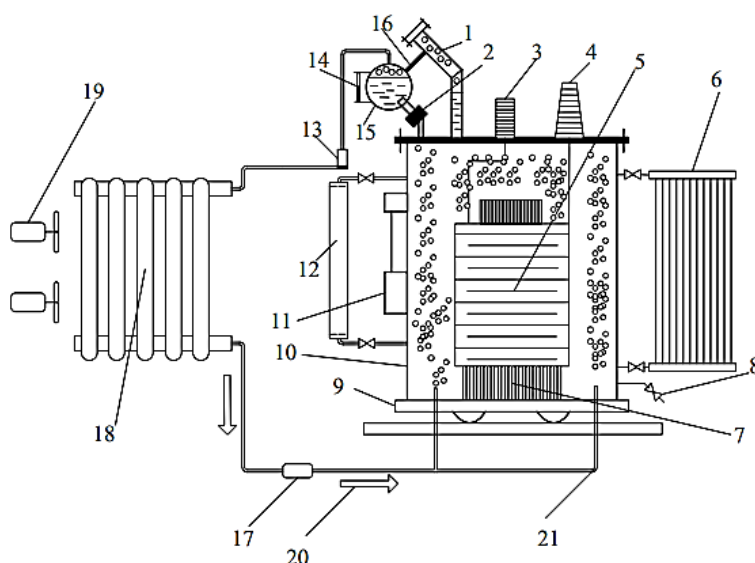


Рис. 1. Наглядная схема составляющих элементов силового масляного трансформатора с использованием системы охлаждения элегазом:

- 1 – аварийный сброс элегаза; 2 – газовое реле; 3 – ввод низкого напряжения;
- 4 – ввод высокого напряжения; 5 – обмотки высшего и низшего напряжения;
- 6 – магнитопровод; 7 – кран для слива масла; 8 – тележка; 9 – бак;
- 10 – устройство РПН; 11 – газосушитель; 12 – указатель уровня масла в баке;
- 13 – расширитель; 14 – соединительная трубка; 15 – компрессор; 16 – радиатор;
- 17 – указатель направления элегаза; 18 – трубка, по которой проходит элегаз

Рассматривается система циркуляции и охлаждения элегаза, данная система включается автоматически, если существуют значительные перегрузки, как длительные, так и кратковременные. Основным элементом моделирования системы охлаждения в силовых масляных трансформаторах является интенсификация процесса теплообмена, т.е. охлаждение нагревающегося масла осуществляется за счёт циркуляции барботируемого элегаза, который закачивается в масляный бак трансформатора с помощью компрессора. Элегаз при этом проходит через систему фильтрации, фильтры удерживают частицы масла, всплывающие вместе с пузырьками, а потом, после прохождения системы

очистки и охлаждения, система повторяет рабочий цикл (рис. 1). Можно сделать вывод, что элегазовым охлаждением данный процесс протекает гораздо эффективнее, так как он понижает температуру масла быстрее. При этом площадь контакта, от которой зависит тепловой поток, во много раз больше площади внешних стальных стенок. Нужно также учитывать, что процессы, происходящие в системе охлаждения газа, будут осуществляться при помощи специализированных холодильных установок.

Увеличение коэффициента теплообмена нагревающегося масла происходит из-за циркуляции барботируемого элегаза (SF_6), который проходит через пространство, наполненного маслом. При всплывании пузырьков элегаза возникает процесс сложного поля скоростей, в котором мы условно можем увидеть слои, смещающиеся относительно друг друга. Анализируя данное явление переноса тепла, можно установить, что система охлаждения силового масляного трансформатора с использованием всплывающих пузырьков элегаза позволяет повысить эффективность охлаждения обмоток при различных перегрузках.

Чтобы убедиться в правдивости наших суждений о разработанной системе, был проведен эксперимент по охлаждению трансформаторного масла. Для измерения мы взяли трансформаторный бак с диаметром 40 см, глубина составляла 35 см. Бак наполнили трансформаторным маслом, его высота составила 10 см. Температуру масла повышали до $70\text{ }^\circ\text{C}$. И в течение остывания трансформаторного масла через каждые 5 минут тепловизор фиксировал температуру. Результаты записывались до тех пор, пока температура масла не снизилась до уровня комнатной температуры, что примерно $30\text{ }^\circ\text{C}$. Время эксперимента составило 60 минут. По полученным значениям был составлен график остывания масла в зависимости от времени (рис. 2). Во втором эксперименте для сравнения рассмотрена система охлаждения с использованием компрессора. Масло также нагревали до температуры $70\text{ }^\circ\text{C}$, но уже с включенным компрессором, он создавал пузырьки воздуха в баке с маслом. В результате экспериментально было выяснено, что охлаждение масла с помощью пузырьков проходило более эффективно, так как охлаждение протекало быстрее.

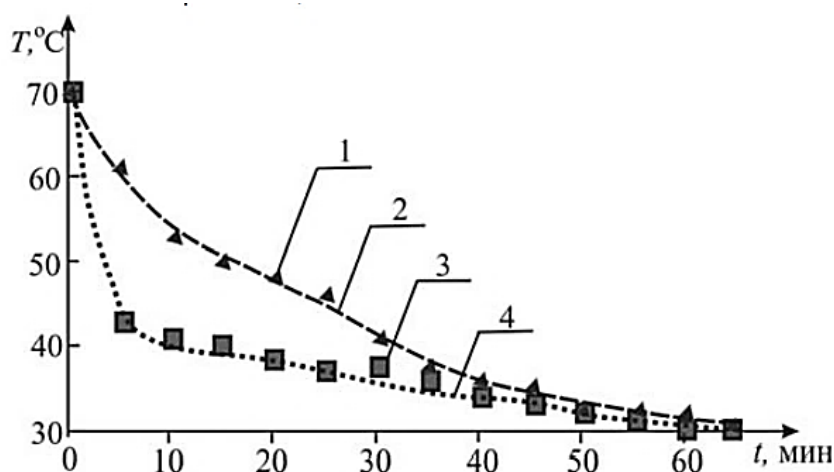


Рис. 2. Графики зависимости остывания трансформаторного масла:
1 – без процесса барботаж, 3 – при барботаже, 2 и 4 – линии аппроксимации

Главным достоинством данного устройства является то, что процесс охлаждения элегаза требует питания только для компрессора. А сам естественный теплообмен не требует питания, так как работает по следующему принципу: система теплообменника, в котором горячий элегаз и холодная вода, идущие в качестве теплоносителей, движутся навстречу друг другу по трубам. При взаимодействии их осуществляется теплообмен, в ходе которого охлаждающая среда нагревается незначительно, потому что холодный теплоноситель находится в постоянном движении, а горячий теплоноситель будет охлаждаться до температуры охлаждающей среды.

Основным недостатком данной системы является низкая эффективность охлаждения активной части трансформатора в летний период времени, так как средняя температура окружающего воздуха примерно составляет 25-32°C, а температура активной части увеличивается до значений 50-70°C. Отсюда и следует, что в процессе охлаждения активной части масляного трансформатора температура элегаза будет повышаться, поэтому можно сделать вывод, что трансформатор не сможет охладиться ниже температуры окружающего воздуха.

Таким образом, теплосъем с активной части трансформатора эффективнее осуществлять трансформаторным маслом с циркулирующим в нем элегазом, то есть использовать метод барботирования элегаза. Экспериментально выявлено, что повышается эффективность охлаждения активной части трансформатора. Применение данного способа дает возможность увеличить эксплуатационный ресурс трансформатора, обеспечить надежность их, и, соответственно, гарантировать бесперебойность системы в целом.

Список литературы:

1. Баширов, М. Г. Интегральный критерий оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов / М. Г. Баширов, А. С. Хисматуллин, Р. У. Галлямов. – Текст: непосредственный // Энергетик. – 2016. – № 7. – С. 24-26.
2. Лизунова, С. Д. Силовые трансформаторы / С. Д. Лизунова, А. К. Лоханина. – Текст: непосредственный // М.: Энергоиздат. – 2004. – 616 с.
3. Филиппов, А. И. Тепловой трансциллятор бегущей волны / А. И. Филиппов, А. С. Хисматуллин, Э. В. Мухаметзянов, А. И. Леонтьев. – Текст: непосредственный // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 78-86.
4. Хисматуллин, А. С. Экспериментальное исследование коэффициента трансцилляторного переноса в «псевдокипящей» жидкости / А. С. Хисматуллин, А. И. Филиппов. – Текст: непосредственный // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2008. – Т. 15, № 3. – С. 534.
5. Хорошев, Н. И. Комплексная оценка эффективности технического обеспечения энергомониторинга / Н. И. Хорошев, Д. К. Елтышев, А. В. Кычкин. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5. – С. 716-720.

ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ОБЛАКЕ РАСПЫЛА

Студент **Артемьева Наталья Андреевна**,
Студент **Антонова Татьяна Львовна**,
Канд. ф.-м. наук, профессор **Ксенофонтов Сергей Иванович**,
Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева,
г. Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. При горении капель жидкости в облаке распыла выделяется гомогенное горение испарившихся высокодисперсных капель и диффузионное горение капель крупной фракции. Активное горение жидкости происходит в шаровом слое факела.

Ключевые слова: жидкое горючее, распыл, капля, факел.

COMBUSTION OF DROPLETS OF FLAMMABLE LIQUID IN A SPRAY CLOUD

Student **Artemyeva Natalia Andreyevna**,
Student **Antonova Tatiana Lvovna**,
PhD in Physics and Mathematics, Professor
Ksenofontov Sergey Ivanovich,
I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University,
Cheboksary, Russian Federation

Abstract. During the combustion of liquid droplets in the spray cloud, homogeneous combustion of evaporated highly dispersed droplets and diffusion combustion of coarse fraction droplets are released. The active combustion of liquid occurs in the ball layer of the torch.

Keywords: liquid fuel, spray, droplet, torch.

Горючие жидкости в энергетические установки подают в распыленном виде. Такой метод позволяет улучшить условия смесеобразования в облаке распыла. До воспламенения часть капель жидкости успевает испариться, и горение может происходить в кинетическом режиме. Если же в распыле остаются еще капли, то они будут сгорать, имея отдельные диффузионные пламена. Близкорасположенные капли могут быть охвачены единым пламенем. Горение консолидированных капель может идти по другому механизму. Из-за высокого уровня теплового потока в каплях может идти развал высокомолекулярных соединений на более простые составляющие. Пиролизные явления, происходящие в пламени углеводородных горючих жидкостей, приводят к дегидрогенизации и образованию сажисто-смолистых веществ. Дальнейшее преобразование молекулы уже происходит с другой скоростью. Пламя в этом случае ярко светится

из-за наличия в нем сажистых частиц. Таким образом, горение капель в распыленном облаке – весьма сложный процесс [1, с. 56].

В данной работе рассмотрена структура факела распыленной горючей жидкости. В качестве горючих жидкостей выбраны этанол и керосин марки ТС-1. Этанол относится к легковоспламеняющимся жидкостям, при горении испаряется и образует диффузионное почти прозрачное пламя. Температура поверхности жидкости при горении достигает температуры кипения. Скорость выгорания определяется тепловым потоком из пламени к поверхности жидкости, которое затрачивается на испарение жидкости. Тепловое излучение пламени происходит в узких молекулярных полосах паров воды и углекислого газа, расположенных в инфракрасном диапазоне спектра.

Керосин при горении образует ярко светящееся диффузионное пламя, тепловые потери излучения которого составляют 30-40% от теплоты выделяющегося при его горении. Спектральная полоса излучения близка к равномерному тепловому излучению, так как частицы сажи в пламени имеют степень черноты равную $\varepsilon = 0,96$ [2, с. 42]. Как у всех углеводородных горючих, имеются полосы излучения паров воды и углекислого газа. Однако спектр равновесного излучения является непрерывным и молекулярные полосы H_2O и CO_2 в нем почти не выделяются.

Распыл горючей жидкости производился форсункой порциями по 1,25 мл. Капли жидкости имеют широкий диапазон распределения по размерам. По этим показателям можно сказать, что горящие капли должны образовать длинный по потоку факел. Воспламенение факела производился дежурным пламенем газовой горелки, расположенной вне струи распыла. Конец дежурного пламени подхватывался двухфазным капельно-воздушным потоком и воспламенял струю. В возникшем огненном шаре горение происходит в турбулентном режиме. Крупномасштабные турбулентные ячейки образуют шаровой слой, внутрь шара вспрыскивается жидкость. В пределах турбулентного вихря наблюдаются яркостные неоднородности. Кадр из видеофильма приведен на рис. 1а.

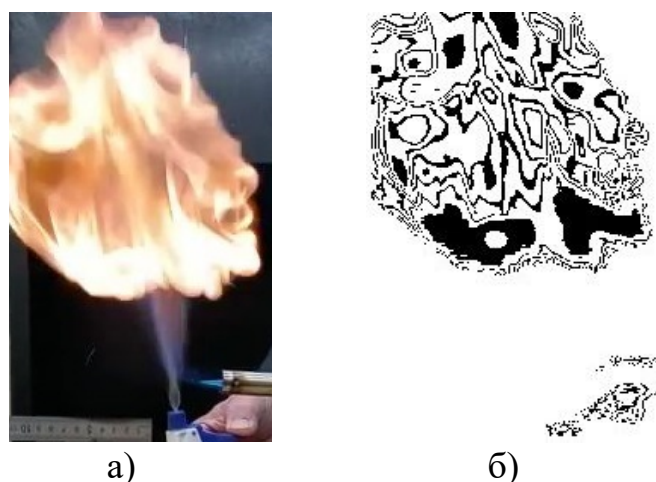


Рис. 1. Изображение факела при горении этанола:
а) – прямая съемка, б) изофоты факела

Условия смесеобразования зависят от направлений скорости потока \vec{v} и ускорения свободного падения \vec{g} . Если эти вектора взаимно перпендикулярны, то есть струя распыла направлена горизонтально, то нижняя часть полусферы насыщена крупными каплями жидкости. Часть капель при этом выпадает из шарового слоя.

Если же скорость струи капель направлена вверх, то время пребывания крупных капель внутри шара увеличивается. Капли миллиметрового размера могут находиться в шаровом слое, сохраняя свое первоначальное движение. Однако турбулентный поток пламени изменяет поле скоростей частиц.

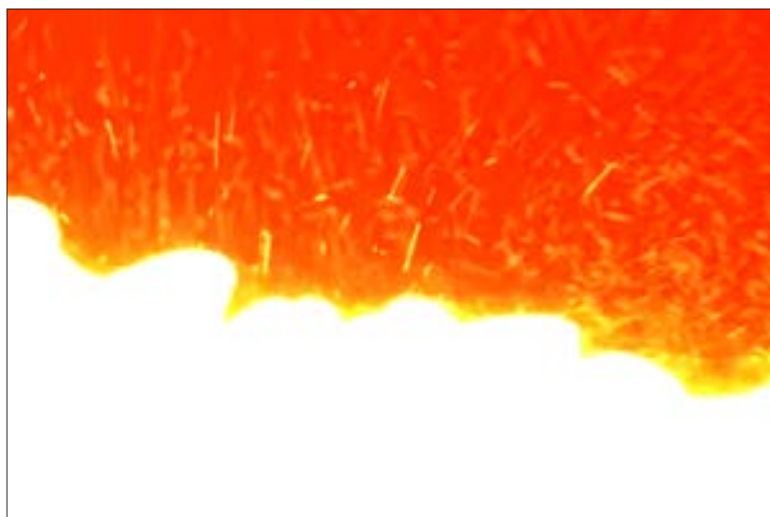


Рис. 2. Макрофотография участка фронта факела

На приведенном снимке над светящим факелом видны треки движущихся капель. Капли увлекаются турбулентным потоком и создают слой толщиной примерно 1 см. Скорость их движения, определенная методом треков, не превышает 0,4 - 0,5 м/с.

Факел при горении керосина имеет вид ярко светящего шара. Над светящимся шаром образуется облако, состоящее из сажистых частиц.

Огненный шар под действием гравитационных сил поднимается со скоростью 0,8 м/с для этанола и 1,2 м/с – для керосина. Отношение скоростей фактически пропорционально отношению низших теплот этанола и керосина, выделяющихся при горении данных топлив.

Процесс воспламенения и горения распыленного топлива регистрировался на видеокамере с разрешением 30 мегапикселей. Последовательные кадры вводились в ПЭВМ и обрабатывались с помощью разработанных программных средств [3]. Изображение пламени разбивается на отдельные пикселя, а каждый пиксель имеет свою градацию яркости. Яркость пикселей изображения горящего факела обладает высоким уровнем яркости по сравнению с уровнем яркости фона. С помощью электронных фильтров введённое изображение попиксельно обрабатывалось и создавался массив данных об уровне яркости каждого пикселя. Данный массив обрабатывался в математической среде Maple с целью получения 3Д распределения яркости изображения.

В полученном массиве можно выделить пикселя с одинаковым уровнем яркости, последовательность которых отображается в виде линии – изофоты. Семейство изофот делит изображение факела на зоны, обладающие одинаковыми яркостными свойствами. Площадь, ограниченная двумя последовательными изофотами описывает площадь зоны. Суммарная площадь зон представляет видимую площадь факела. Расчетные значения видимой площади факела при горении этанола, изображенного на рис. 1б, приведены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Параметры факела при горении этанола

τ , мс	0	33	66	100	133	162	200
S_{\max} , см ²	0	211,2	336,57	322,62	300,2	150,4	89,7

Как следует из таблицы, максимальная площадь достигается через 66 мс после воспламенения, и далее идут процессы догорания. Следует отметить, что максимальный уровень яркости достигается в момент времени 1 мс с момента воспламенения.

Выводы:

1. Высокодисперсная фракция каплей успевает испариться и сгорает в кинетическом режиме. Крупные капли сгорают, образуя диффузионное пламя.
2. При горении керосина образуется сажевое облако в режиме, когда факел имеет максимальные значения яркости и площади.

Список литературы:

1. Мальцев, В. М. Основные характеристики горения / В. М. Мальцев, М. И. Мальцев, Л. Я. Кашпоров. – М.: Химия, 1977. – 320 с. – Текст: непосредственный.
2. Криксунов, Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники / Л. З. Криксунов. – М.: Советское радио, 1978. – 400 с. – Текст: непосредственный.
3. Махвиладзе, Г. М. Образование и горение газовых облаков при аварийных выбросах в атмосферу / Г. М. Махвиладзе, Дж. П. Робертс, С. Е. Якуш. – Текст: непосредственный // Физика горения и взрыва. – 1997. – Т. 33. – № 2. – С. 23-38.
4. Порфирьев, А. М. Программа расчета распределения яркости пламени по оптическому изображению / А. М. Порфирьев, С. И. Ксенофонтов. – Текст: электронный // Наука и образование. – 2008. – № 11. – URL: ofernio.ru/portal/newspaper/ofernio/2008/11.doc (дата обращения: 06.05.2022).

© Артемьева Н. А., Антонова Т. Л., Ксенофонтов С. И., 2022

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ ПАО «РОССЕТИ»

Студент **Шишкина Дарья Максимовна**,
Канд. экон. наук, доцент **Шендалев Александр Николаевич**,
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается существующая система управления аварийными ситуациями в организации и все возможные рисковые факторы. В результате предлагается внедрение новой системы управления рисками.

Ключевые слова: риск, система управления рисками, оценка риска, идентификация риска, анализ риска, обработка риска.

RISK MANAGEMENT SYSTEM IN THE POWER GRID COMPANY PJSC «ROSSETI»

Student **Shishkina Daria Maksimovna**,
PhD in Economy, Associate Professor **Shendalev Alexander Nikolaevich**,
Omsk State Transport University,
Omsk, Russian Federation

Abstract. The article considers the existing emergency management system in the organization and all possible risk factors. As a result, it is proposed to introduce a new risk management system.

Keywords: risk, risk management system, risk assessment, risk identification, risk analysis, risk treatment.

Управление рисками – это процесс, осуществляемый организацией в целях минимизации затрат на устранение аварийных ситуаций. Управление рисками как объект управления дополняет работу планово-предупредительных структурных подразделений ПАО «Россети» и предполагает идентификацию аварийных участков инфраструктуры для первоочередного ремонта.

Специфика инфраструктуры теплоснабжения с точки зрения управления рисками заключается в том, проявление риска (авария) на отдельном участке приводит к остановке всей линии теплоснабжения в целом. Поскольку теплоснабжение является социально значимым видом деятельности, проявление риска является критичным событием как с точки зрения технической и экономической деятельности, так и с точки зрения выполнения социальных функций.

Таким образом, представленный вопрос имеет высокую степень актуальности и практической значимости.

Компания «Россети» не имеет системы предупреждения рисков, а работает лишь с возникшими аварийными ситуациям, что может вести к значительным потерям как от непосредственного выполнения ремонтных работ, так и от возможных возникших последствий (к примеру, загрязнение окружающей среды в месте аварии).

Разработка и внедрение системы управления рисками в компании включает в себя определение внешних и внутренних факторов, влияющих на компанию.

Система управления рисками может включать в себя следующие этапы:

1. Оценка риска.
2. Идентификация риска.
3. Анализ риска.
4. Обработка риска [1, с. 60].

Для целей идентификации риска следует рассмотреть структуру оборудования объектов ПАО «Россети».

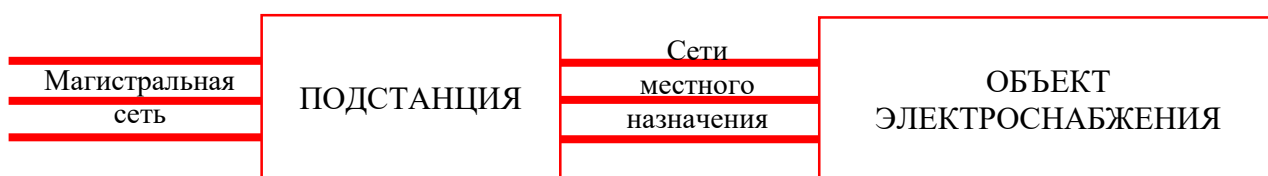


Рис. 1. Структура оборудования объектов ПАО «Россети»

Как мы видим на рис. 1, имеются три группы оборудования, которые следует рассматривать с позиций риска – магистральная сеть, сети местного назначения и подстанции как объект управления рисками.

Главной задачей оценки риска является получение знаний и необходимой информации о том, допустим ли риск, целесообразно ли выделять денежные средства и другие ресурсы для его предотвращения или снижения вероятности его возникновения. При проведении оценки рисков важно определить те, которые поддаются количественному измерению и те, что трудноизмеримы. Глубина изучения возникающих рисков должна быть достаточной для получения уверенности в том, что мы ознакомлены со всеми возможными вариантами развития событий при возникновении тех или иных рисков. Оценка риска должна отражать конкретные производственные проблемы и процессы, т.е. иметь исключительно практическое применение [2].

При идентификации риска важно обращать внимание не только на процессы, которые контролируются компанией, но и на те, что влияют на рабочие процессы извне. Есть риски, актуальные для функционирования сетей: температура, давление, износ сетей, количество присоединений, особенно незаконных, ветра, грозы, наличие систем грозозащиты и пр.

По нашему мнению, приоритетными областями риска для Омского региона являются:

- а) риски, связанные с климатическими факторами;
- б) время нагрузки на электросеть и износ оборудования;

в) невыполнение ремонтных работ в полном объеме.

Электроэнергетические компании также сталкиваются со следующими типами рисков:

а) аварийность оборудования;

б) риски в сфере охраны и безопасности труда;

в) риски, связанные с загрязнением окружающей среды;

г) возникновение аварийных ситуаций по вине персонала;

д) риски, связанные с инфраструктурой;

е) риски, возникшие в результате взаимодействия со смежными структурами и др. [3].

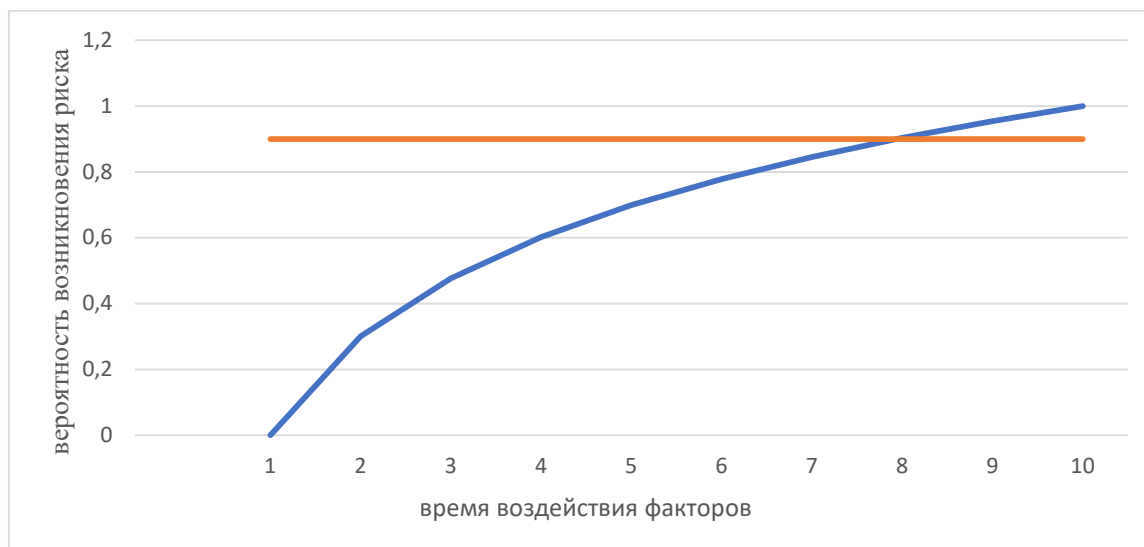


Рис. 2. Аппроксимированный график риска

Аппроксимированный график риска, по нашему мнению, имеет вид логарифмической функции (рис. 2). Если устройство (участок сети) долго не имеет рисковей составляющей, то статистика риска не зависит от времени, т.е. вероятность возникновения риск постоянна. В случае, если присутствуют рисковей факторы, влияющие на объект продолжительный период времени, график смещается вверх – в сторону увеличения риска. Горизонтальная линия (на графике значение равно 0,9) – предельный уровень риска, характеризующий недопустимую ситуацию. В данной ситуации объект становится рисковей в точке (0,85; 8), т. е. объект становится рисковей на 8 месяц после влияния на него ряда факторов. Критичный уровень риска определяется как статистическая функция от числа аварий и назначается ЛПР ПАО «Россети». Для идентификации смещения необходимо рассмотреть рисковей факторы.

Анализ риска должен включать в себя:

а) данные о проведенной оценке риска, необходимые для принятия решения о том, необходимо ли его обрабатывать и каким способом это лучше делать;

б) учет причин и возможных источников возникшего риска, все возможные последствия и вероятности их наступления.

Данными о проведенной оценке риска будут являться интервалы между ТО и ТР время службы оборудования; число отказов, возникающих на устройствах

электроснабжения; оснащенность устройствами защиты и плавного пуска и так далее.

Для того, чтобы определить время проведения ТО и ТР для предотвращения аварийных ситуаций в зависимости от степени риска, необходимо определить факторы, влияющие на сеть в заданный промежуток времени, оценить критичность этих факторов и их балльную оценку и определить уровень риска на данный момент. Если в заданных условиях предельное время безопасного проявления риска смещается в сторону уменьшения, что видно на графике, если это время значительно меньше интервалов планового, ТО и ТР, т.е. они планируются нескоро, можно говорить о том, что рассматриваемая единица является рискованной.

Допустим, оценка факторов происходит в разгар лета, балльная оценка имеет интервал в 5 единиц, оборудование на сети используется достаточно долго, т. е. является неновым и может выйти из строя в любой момент, ТО и ТР осуществляют работники разной квалификации.

Таблица 1 – Оценка критичности параметров

<i>Параметр</i>	<i>Критичность</i>	<i>Балльная оценка</i>
Климатические факторы	Высокая	4
Износ оборудования	Очень высокая	5
Объем предупредительных ремонтных работ	Средняя	3
Квалификация работников, осуществляющих ремонт	Низкая	2

В среднем данные факторы увеличивают вероятность того, что объекты станут рискованными, в 3,5 раза (рис. 3).

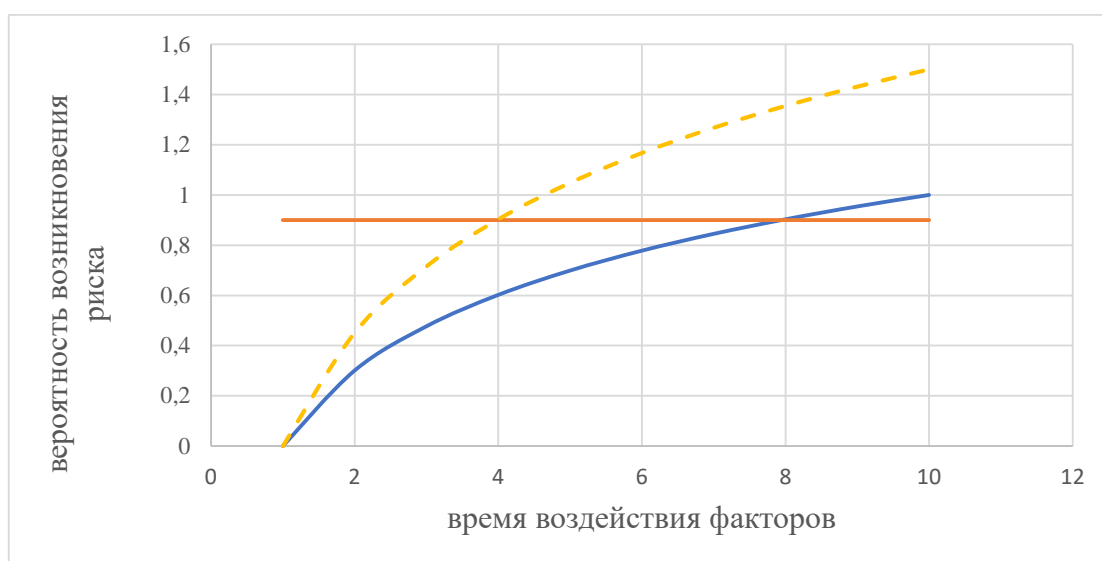


Рис. 3. Аппроксимированный график риска с оценкой влияния факторов

Новый график, выделенный курсивом, показывает превышение уровня риска над критическим значением в точке (0,85; 4), т.е. в заданных условиях предельное время безопасного проявления риска смещается в сторону уменьшения, что видно на графике. Если это время меньше планового ТР или ТО, следует говорить том, что объект является рисковым.

После того, как риск оценен и проанализирован, необходимо принимать решение о предпринимаемых мерах по его устранению, уменьшению последствий и т. д.

Обработка риска включает выбор одного или более методов изменения рисков и внедрение этих методов.

Мероприятия по управлению рисками включают в себя следующую информацию:

- а) ответственное лицо или подразделение за выполнение мероприятий по предубеждению рисков;
- б) сроки и периодичность выполнения мероприятий;
- в) образцы документов, подтверждающих выполнение мероприятий и т. д. [4].

Мероприятия по предупреждению и управлению рисками в энергетике должны включать в себя систему планово-предупредительных ремонтов – комплекс организационных и технических мероприятий по уходу, наблюдению, эксплуатации и ремонту технического оборудования с целью предупреждения аварийных ситуаций.

Список литературы:

1. Каранина, Е. В. Управление рисками: механизмы, инструменты, профессиональные стандарты: учебник / Е. В. Каранина. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 257 с. – Текст: непосредственный.
2. Камчатова, Е. Ю. Риски энергетических компаний / Е. Ю. Камчатова, А. В. Костенко. – Текст: непосредственный // Вестник ГУУ. – 2016. – № 11.
3. Камчатова, Е. Ю. Управление рисками генерирующих энергокомпаний / Е. Ю. Камчатова // Вестник университета. – 2018. – № 2. – С. 50-56. – DOI 10.26425/1816-4277-2018-2-50-56.
4. Стандарт ОАО «РЖД»: Риск-менеджмент в организации обеспечения безопасности движения: [сайт]. – 2022. – URL: <https://jd-doc.ru/2011/sentyabr-2011/5253-standart-oao-rzhd-n-sto-rzhd-02-038-2011-ot-21-09-2011-g-n-2068r> (дата обращения: 26.04.2022).

© Шишкина Д. М., Шендалев А. Н., 2022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Канд. техн. наук, зав. кафедрой информационно-измерительных
технологий и систем управления
Сидельников Владимир Иванович,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и использования виртуальных датчиков в системах автоматизированного управления технологическими процессами. Рассмотрены возможности, которые представляются с разработкой и использованием виртуальных инструментов измерения и прогнозирования.

Ключевые слова: виртуальный датчик, автоматизированная система управления, показатели качества, математическая модель, производительность, контроль.

USE OF VIRTUAL SENSORS IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

PhD in Technology, Head of the Department of
Information and Measurement Technologies and Control Systems
Sidelnikov Vladimir Ivanovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The article deals with the issues of development and use of virtual sensors in automated process control systems. The possibilities that are presented with the development and use of virtual measurement and forecasting tools are considered.

Keywords: virtual sensor, automated control system, quality indicators, mathematical model, productivity, control.

Современные цифровые технологии активно внедряются в производственные процессы, в том числе в системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП) в целлюлозно-бумажной промышленности. Одним из примеров является появление внутренних инструментов измерения – виртуальных датчиков, которые позволяют в режиме

реального времени рассчитывать наиболее важные параметры технологического процесса и характеристики выпускаемой продукции. Это позволяет осуществить контроль и оптимизацию протекающих технологических процессов, снизить затраты на производство и обеспечить необходимое качество продукции. Это также связано с развитием систем усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП) или Advanced Process Control (APC) [1].

Виртуальный датчик представляет из себя программно-алгоритмический комплекс, предназначенный для реализации оперативного измерения показателей технологического процесса или производства данной продукции на основе значений других измеренных параметров [2].

Виртуальный датчик обеспечивает:

- измерение в режиме реального времени параметров, которые нельзя измерить с помощью обычных датчиков;
- выполнение за короткий промежуток времени большого объема виртуальных замеров, основанных на переменных технологического процесса или проводимых время от времени измерениях с помощью существующего оборудования;
- выполнение регулярных виртуальных измерений в случаях, когда контроль с помощью обычных датчиков по ряду причин невозможен;
- проверку результатов прямых измерений, проведенных с помощью обычных датчиков.

Основываясь на математических моделях, а также технологии машинного обучения, виртуальный инструмент измерения формирует онлайн-прогнозы, которые позволяют при меньших финансовых вложениях увеличить частоту измерений характеристик бумаги, целлюлозы или параметры технологического процесса, обеспечить качественные показатели продукции, а также уменьшить количество брака.

На целлюлозно-бумажных производствах распространена ситуация, когда некоторые важные переменные технологического процесса и характеристики продукта нельзя измерять в реальном времени (например, прочность бумаги) или на регулярной основе (например, число Каппа). Иногда метрологический контроль вообще не возможен из-за нештатных ситуаций или неисправности датчиков.

Виртуальный датчик является основой для создания модуля оценки и прогнозирования поведения технологического процесса на базе существующих средств автоматизации и контроля и позволяет выполнить следующие операции:

- автоматический сбор данных без вмешательства в работу оборудования;
- использовать текущие технологические и лабораторные данные для моделирования основных переменных технологического процесса и характеристик продукта;

- уточнять используемые результаты онлайн-расчетов с заданной периодичностью;
- оповещать оператора и приостанавливать работу оборудования при наступлении не отраженных в модели событий и возникновении других ошибок;
- автоматическое сопоставление результатов с контрольными лабораторными измерениями;
- расчет онлайн-показателей производительности, удаленный контроль и анализ производительности;
- мониторинг производительности и регулярное обновление модели;
- поддержка серверов автоматизации.

Создание виртуального датчика основывается на исходной статистической модели, полученной на основе анализа и обработки данных технологического процесса. Например, для оценки показателей прочности приведена последовательность и обоснование разработки математической модели для прогнозирования и измерения показателей прочности бумаги, которая может быть положена в создание виртуального датчика [3].

Модель разработана для показателя торцевого сжатия (ССТ):

$$Y_{CCT} = (G_{\omega} * 0,021 - 0,365) \cdot \frac{(100 - \omega)}{(100 - 8,5)} * \\ * ((CII_x \cdot 0,106 + 0,948) \cdot \%_x + \\ + (CII_l \cdot 0,088 - 0,776) \cdot \%_l) \cdot K_{вар_x} \cdot K_{вар_l}$$

где G_{ω} – масса 1м^2 ; ω – текущая влажность, %;

CII_x – степень помола сульфатной целлюлозы (САЦ), °ШР;

$\%_x$ – процент содержания САЦ в композиции бумаги;

CII_l – степень помола нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ);

°ШР; $\%_l$ – процент содержания НСПЦ в композиции бумаги;

$K_{вар_x}$ – коэффициент влияния ССТ САЦ после варки;

$K_{вар_l}$ – коэффициент влияния ССТНСПЦ после варки.

Улучшение характеристики бумажного полотна, снижение вариативности и прочности, уменьшение затрат на сырье – необходимы точные и надежные онлайн-измерения этих показателей.

На сегодняшний день на рынке отсутствуют физические датчики для измерения прочности в реальном времени, которые соответствовали бы требованиям производителей бумаги. В связи с этим ведутся работы по созданию инструмента для онлайн-прогнозирования прочности с использованием модулей расчетов и входных технологических и лабораторных показателей в моделях, основанных на технологиях машинного обучения – создание виртуального датчика [4].

Список литературы:

1. Сидельников, В. И. Digital transformation and the future of process automation: материалы II Региональной научно-практической конференции «Диалог поколений»/ В. И. Сидельников, А. В. Чагаев. – Текст: непосредственный // ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2021. – С. 30-32.

2. Дадиомов, Р. Ю. Оптимизация структуры виртуального анализатора влажности после сушки с применением нечеткой кластеризации / Р. Ю. Дадиомов, А. Г. Шумихин, Д. К. Корнилицын. – Текст: непосредственный// Известия СПбГТИ (ТУ). – 2022. – № 60 (86). – С. 56-61.

3. Сидельников, В. И. Приближенная математическая модель показателя прочности бумаги на примере сопротивления торцевому сжатию / В. И. Сидельников, И. В. Ремизова, А. В. Кокшаров. – Текст: непосредственный// Вестник СПбГУТД. – 2021. – № 1. – С. 99-102.

4. Рылов, М. А. Построение модели качества продукции на основе данных единого информационного пространства предприятия / М. А. Рылов, Ф. Э. Софиев. – Текст: непосредственный // Приборы. – 2021. – № 10. – С. 23-29.

© Сидельников В. И., 2022

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТОНКИХ ПЛЕНОК $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ**

Магистрант **Хусаян Серикболд**,
Канд. ф.-м. наук, доцент **Хуанбай Есенболды**,
Карагандинский университет имени академика Е. А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан

Аннотация. В работе рассматриваются особенности нагрева тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, полученных методом лазерной абляции. Обнаружено значительное сужение температурного диапазона существования ромбической фазы в пленках по сравнению с объемными образцами. Изучена микроструктура и определен элементный состав тонких пленок. В широком интервале температуры исследованы электрофизические характеристики пленок.

Ключевые слова: сверхпроводник, пленочные элементы, критические параметры, температура.

**THE EFFECT OF TEMPERATURE ON THE ELECTROPHYSICAL
PROPERTIES OF $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ THIN FILMS PRODUCED
BY LASER ABLATION**

Master Student **Khusayan Serikbold**,
PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor **Huangbai Esenboldy**,
Karaganda Buketov University,
Karaganda, Kazakhstan

Abstract. The paper considers the heating features of $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ thin films obtained by laser ablation. A significant narrowing of the temperature range for the existence of an orthorhombic phase in films compared to bulk samples was found. Studied microstructure and the elemental composition of thin films was determined. The electrophysical characteristics of the films have been studied over a wide temperature range.

Keywords: superconductor, film elements, critical parameters, temperature.

В настоящее время разрабатываются и изучаются пленочные элементы из высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), которые служат основой для сверхпроводниковой электроники. Ожидается, что ВТСП найдут практическое

применение в первую очередь в виде пленок и покрытий. Типичным представителем материала ВТСП является оксид вида $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ [1]. Поэтому усовершенствование технологии получения тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ является важной научно-технической задачей. Одним из основных методов получения ВТСП-пленок является метод лазерной абляции. С помощью лазеров можно распылять практически любые по составу мишени, причем состав получаемых пленок близок к исходному. Особый интерес к методу лазерной абляции возник после получения пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ с максимально высокими значениями плотности критического тока.

Критические параметры соединения $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ могут меняться при изменении температуры в процессе изготовления, испытания и эксплуатации сверхпроводников [2]. Поэтому важны исследования химического, фазового состава и электрофизических свойств материалов в широком интервале температур.

Среди экспериментальных методов исследования наиболее предпочтительными является те методы, которые дают информацию о состоянии материала непосредственно при изменении температуры. К ним относятся высокотемпературные рентгено- и нейтронография, термодесорбционная масс-спектрометрия, термография, термогравиметрия. По данным таких методов установлено, что соединение $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ при комнатной температуре представляет собой ромбическую фазу, которая при нагревании, начиная с 600-700°C, сопровождается потерей кислорода и переходит тетрагональную фазу, не обладающую сверхпроводящими свойствами.

Большинство исследований по влиянию температуры на фазовое состояние $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ выполнены для объемных образцов.

Целью настоящей работы является исследование влияния температуры на электрофизические свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, полученных методом лазерной абляции. Так же изучается микроструктура и определяется химический состав пленок методом сканирующей электронной микроскопии.

Эксперимент

Схема экспериментальной установки для получения пленок лазерным распылением подробно описана в нашей работе. Для проведения структурных исследований использовался сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) JEOL JSM-5910, который снабжен следующими микроанализаторами: энергодисперсионный спектрометр (EDS); волновой дисперсионный спектрометр (WDS). Ускоряющие напряжения электронной пушки 0.3-30 kV, ток зонда изменяется в пределах 1 nA-1 μ A. Давление в камере исследования составило 10^{-4} Па.

Напыление ВТСП-пленок проводилось путем синхронного распыления двух вращающихся со скоростью 15,5 об/мин мишеней скрещенными пучками

двух лазеров с YAG-стержнями с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм. В качестве мишеней использовались горяче-прессованные цилиндрические образцы диаметром ~ 10 мм из соединения $YBa_2Cu_3O_7$, стехиометрического состава.

Метод скрещенных лазеров позволяет значительно снизить вероятность попадания на подложку брызг и осколков мишени. Вращательное и возвратно-поступательное движение образцов позволяло полностью предотвратить локальный перегрев и изменение их химического состава в процессе напыления. Энергия импульса лазерного излучения составляла 0,07-0,12 Дж, частота импульсов 10 Гц, длительность импульса 5-10 нс. Плотность энергии на поверхности мишеней была одинаковой для обоих лазеров. Мишени устанавливались на пути следования лазерных лучей под углами 30° - 400° . Распыляемый материал осаждался на подложку, размещенную на резистивном нагревателе на равных расстояниях $l=5$ см от поверхностей двух мишеней. Температура подложки контролировалась ХА термопарой с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$. Подложками служили $SrTiO_3$ $10\times 7\times 1,5$ мм. Напыление пленок проводилось при давлении воздуха 102 мм рт. ст, в камере вакуумного поста ВУП-5.

Измерение электросопротивления образцов в широких интервалах температуры выполнялись по стандартной четырех-зондовой методике. Сначала $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ нагревалась в вакууме 10^{-2} мм. рт. ст. При этом проводили исследование зависимости сопротивления от температуры при высоких температурах. Затем были получены температурные зависимости удельного сопротивления тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$.

Результаты и обсуждение

Хорошо известно, что химический состав, микроструктура и кристаллическое строение тонких пленок любых материалов определяются вакуумными условиями, температурой и материалам подложки. Причем, перечисленные характеристики пленок, как правило, определяют их сверхпроводящие свойства. Параметры выбранной нами для исследования тонкой пленки следующие: критическая температура $T = 89$ К, ширина перехода $\Delta T = 2-3$ К, температура подложки $T = 800$ °С.

На рис. 1 приведена микроструктура пленки с критической температурой 89 К, полученной с помощью сканирующей электронной микроскопии на подложке $SrTiO_3$. В соответствии с рис. 1 для данной пленки не обнаружено зерен или кристаллитов. Поверхность гладкая за исключением редких капель, представляющих собой осколков расплавленного материала мишени. Морфологические дефекты, поры, включения трещины, границы зерен не обнаруживаются. Поэтому можно предположить, что высокие значения критической температуры связаны с малой дефектностью микроструктуры [3].

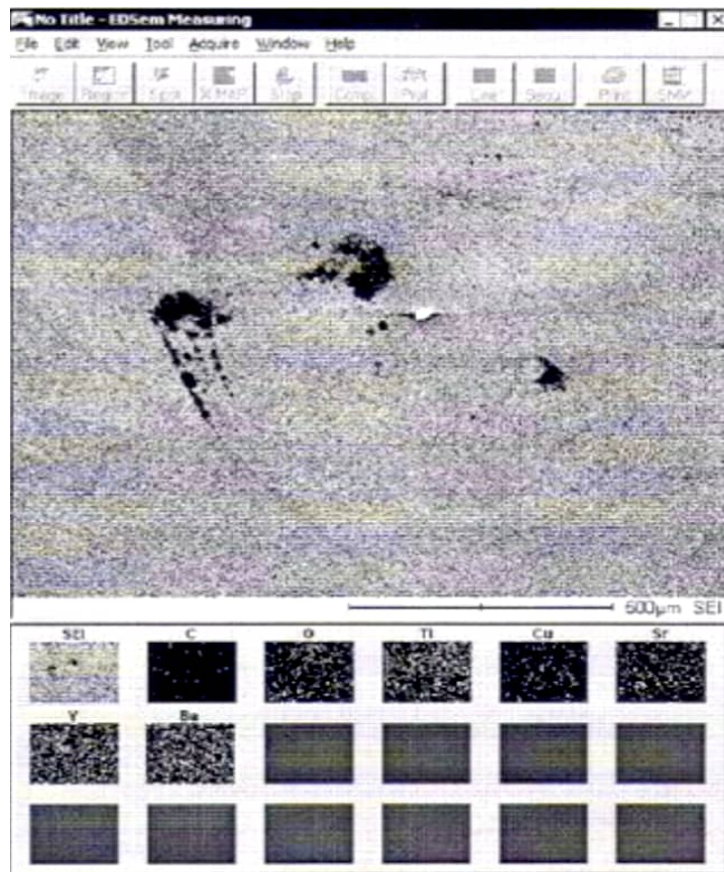


Рис. 1. Микроструктура тонкой пленки $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ с $T_c = 89$ К

Из рис. 1 видна сплошность и гладкость пленки, которая определяет ее устойчивость к физико-химическим воздействиям. Близость коэффициентов термического расширения $SrTiO_3$ и $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ обеспечивал сплошность пленки.

Выше было отмечено, что сверхпроводящие свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ зависят от их стехиометрического состава. Поэтому получение тонких пленок со стехиометрическим составом, близким к составу исходной мишени, является важной задачей технологии получения пленок из материалов со сложным химическим составом. Изучение химического состава ВТСП-пленок на СЭМ с энергодисперсионным спектрометром (EDS) предоставляет обширную информацию об образце. Источниками этой информации являются некоторые области, размеры которых зависят от размеров падающего пучка электронов, их энергии, и от атомного номера атомов образца. Характеристические рентгеновские энергодисперсионные спектры структурных составляющих пленки с $T_c=89$ К приведены на рис. 2. В спектре легко различимы пики, соответствующие всем элементам пленки. Результаты микроанализа рентгеновских спектров пленки приводят к элементному составу стехиометрическому: $YBa_2Cu_3O_{6+x}$. Поэтому можно утверждать, что полученная пленка не отклоняется по составу, материала мишени, т.е в нем формируется сверхпроводящее соединение необходимого состава и структуры $YBa_2Cu_3O_{6+x}$. Следовательно, получение пленок высокого качества связано с достижением стехиометрического состава.

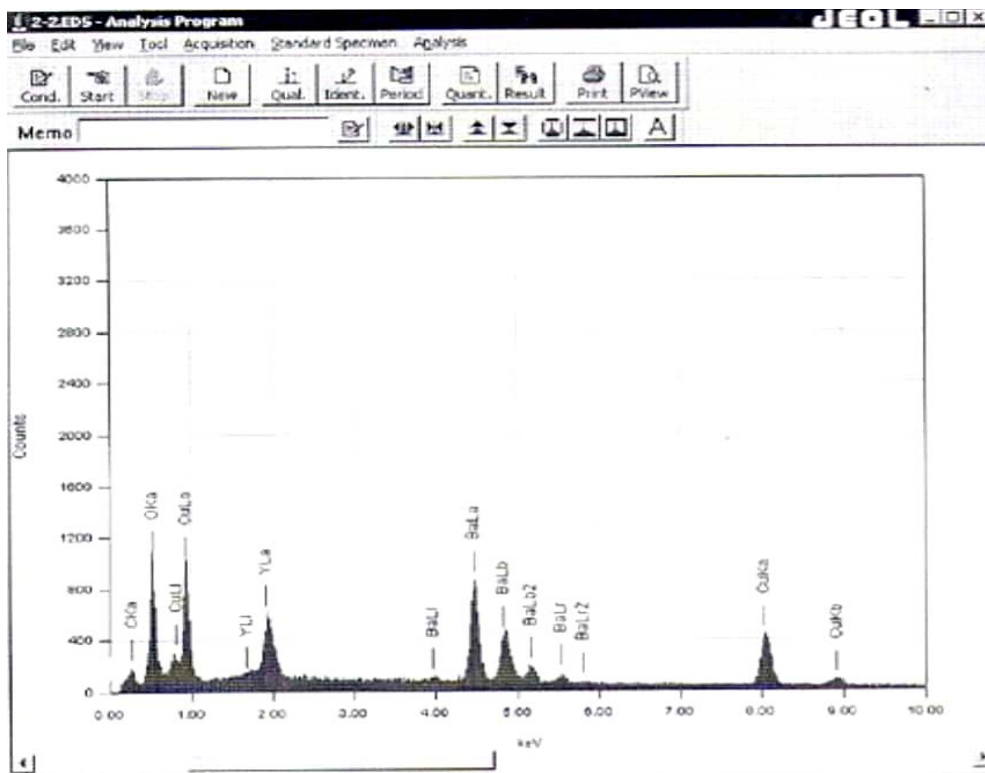


Рис. 2. Характеристические рентгеновские энергодисперсионные спектры пленки $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, с $T_c=89K$, $T. = 800\text{ }^\circ C$

На рис. 3 приведены результаты экспериментального исследования зависимости электросопротивления объемных образцов $YBa_2Cu_3O_{6+x}$. Для анализа результатов удобно разделить исследованный диапазон температур на два интервала. Из графиков видно, что до температуры 580-620 К, т.е. до момента выхода кислорода из структуры зависимость $R(T)$ имеет вид $R(T) = R(O)$. Что касается дальнейшего поведения кривой электропроводности, то в области температур около 800 К происходит резкое увеличение скорости роста сопротивления и зависимость $R(T)$ становится нелинейной. Это обусловлено выходом лабильного кислорода из образца.

И то и другое показали методом терморентгенографии, что ромбическая модификация ($a = 3,825$, $b = 3,883$, $c = 11,680\text{ \AA}$, $x = 0,8$) в вакууме необратимо превращается в тетрагональную при 803 К. Поскольку мы исследовали зависимость $R(T)$ в вакууме, то скачок, который виден из нашего экспериментального графика, возможно, соответствует ромбическо-тетрагональному превращению образца, происходящему при температуре 800–820 К. Повышение температуры образцов сопровождается изменением содержания кислорода в различных позициях структуры ромбической модификации $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ и выходом части атомов кислорода из соединения.

Таким образом, перегибы на рассмотренных электрофизических кривых можно связать с потерей кислорода образцом [4].

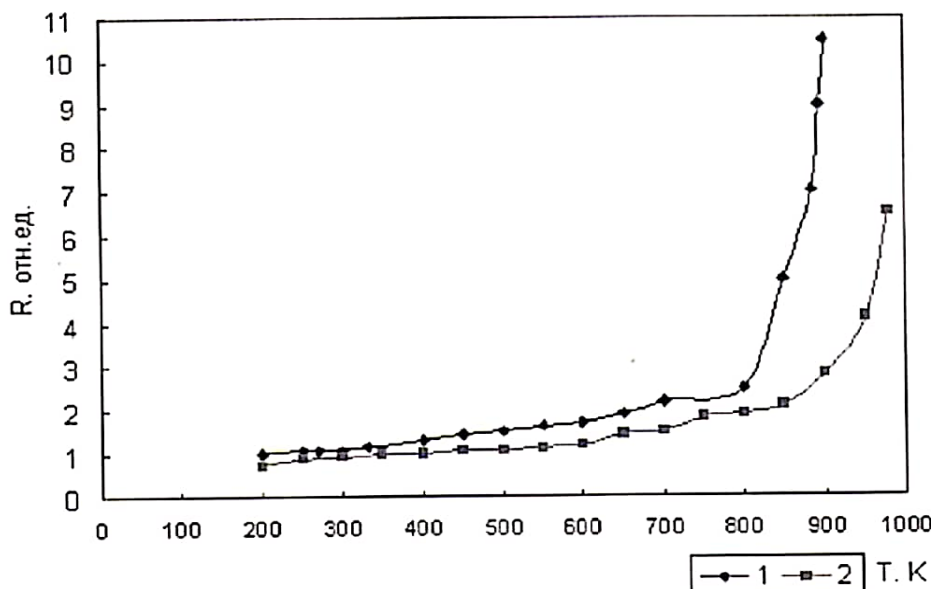


Рис. 3. Зависимость сопротивления $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ от температуры в интервале 200–1000 К: 1 – первый нагрев; 2 – последующие термоциклы

После первого нагрева, сопровождающегося определенными аномалиями на экспериментальной кривой 1, образец переходил в устойчивое состояние (кривая 2), и при последующих термоциклах кривая хорошо воспроизводилась. При этом кривые нагрева и охлаждения удовлетворительно совпадали, что свидетельствовало о равновесности условий измерений.

На рис. 4 представлены экспериментальные зависимости нормированного удельного электрического сопротивления тонких пленок. Зависимость $\rho(T)$, начиная с некоторой температуры (T_0), отклоняется от линейной. Скорость изменения удельного сопротивления зависит от скорости подъема температуры. При увеличении скорости от 4 до 80 град/мин T_0 возрастает от 120 °С до 210 °С. Одновременно меняется и характер зависимости $\rho(T)$ при $T > T_0$.

Участок резкого роста сопротивления при скоростях 4 град/мин, 8 град/мин и 20 град/мин начинается с температур 175 °С, 230 °С и 400 °С соответственно. С увеличением скорости до 80 град/мин указанный участок резкого роста ρ в исследованном диапазоне температур отсутствует. Полученные данные свидетельствуют о термической неустойчивости пленок.

Используя подход, изложенный выше для зависимости $R(T)$ для керамики $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ можно сказать следующее. Характер наших экспериментальных зависимостей $\rho(T)$ пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ в диапазоне температур 20 - 600 °С свидетельствует о существенных отличиях поведения пленок при нагреве по сравнению с объемными керамическими образцами. Температурный диапазон существования ромбической фазы в пленках оказывается значительно суженным, и в сильной степени зависящим от скорости подъема температуры. Температура структурного перехода пленок из ромбической в тетрагональную модификацию при скорости нагрева 20 град/мин находится в диапазоне 360 - 400 °С.

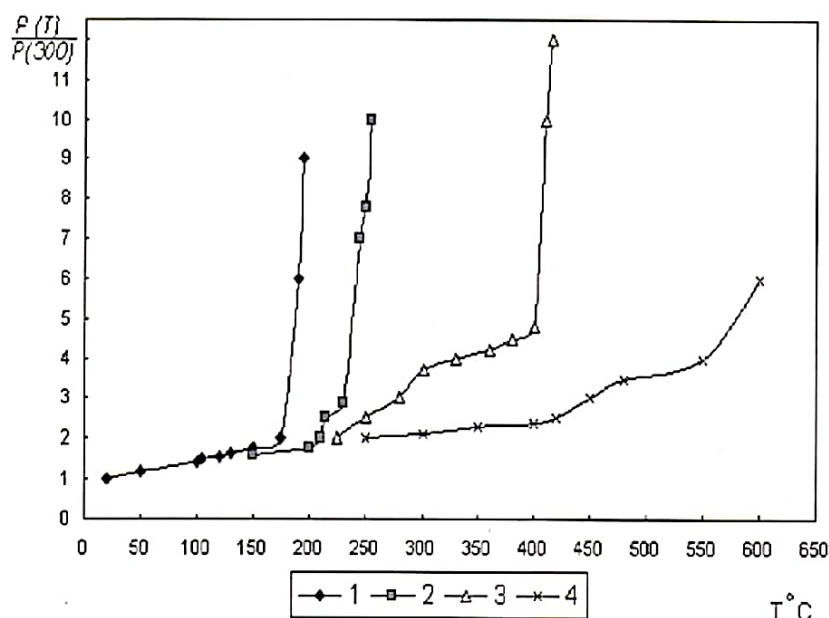


Рис. 4. Температурные зависимости нормированного удельного электрического сопротивления $\rho(T)/\rho(300\text{ К})$ пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ при скоростях подъема температуры, град/мин: 1–4; 2–8; 3–20; 4–80

Таким образом, исследование электрических свойств в широких интервалах температуры показывает, что термическая неустойчивость в пленках связана с фазовым переходом. В основе фазового перехода $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ лежит десорбция кислорода. Результаты таких экспериментальных исследований могут быть использованы при оценке характер структурных превращений в пленках и определении необходимых температур термообработки пленок [5].

Список литературы:

1. Bednorz J. G., Muller K. A. Possible high T_C super conductivity in the Ba-La-Cu-O system // Z. Phys. B.1986. Vol. 64. No. 2. pp. 189-193.
2. Cukauskas E. J., Allen L. H. Optical current critical characteristics of composite thin of Au and $YBa_2Cu_3O_7$ // Physica. C. 1999. Vol. 313. No. 1-2. pp. 11-20.
3. Aytug T., Wu J. Z., Cantoni C., Verebeyi D. T., Specht E. D., Paranthaman M., Norton D. P., Ericson R. E., Thomas C. L. Growth and superconducting properties of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ films on conductive $SrRuO_3$ and $LaNiO_3$ multilayers for coated conductor applications // Appl. Phys.lett. 2000. Vol. 76. – No. 6. pp. 760-762.
4. Кабасова, Ю. С. Новые материалы / Ю. С. Кабасова. – М. : МИСИС, 2002. – 736 с. – Текст: непосредственный.
5. Kajitani T., Oh-ishi K., Kikuchi M., Syono Y., Hirabayashi M. Neutron Diffraction Study on Orthorombic $YBa_2Cu_3O_{6.74}$ and Tetragonal $YBa_2Cu_3O_{6.05}$ // Jap.J.Appl.Phys. 1987. 26. No. 7. pp. 1144-1147.

© Хусаян С., Хуанбай Е., 2022

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ. ПАССИВНЫЙ ДОМ

Студент **Ширяев Александр Дмитриевич**,
Ассистент **Крюков Кирилл Александрович**,
Доктор ф.-м. наук, профессор **Лейман Валерий Иванович**,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматриваются тепловые потери зданий, к которым, в основном, относятся теплопотери через ограждающие конструкции, и способы их снижения. Предлагаются различные методы повышения энергоэффективности домов, в частности, применение технологии «Пассивный дом».

Ключевые слова: энергоэффективный дом, пассивный дом, коэффициент теплопроводности, теплоизоляционные материалы, тепловые потери.

WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS. PASSIVE HOUSE

Student **Shiryayev Alexander Dmitrievich**,
Assistant **Kryukov Kirill Alexandrovich**,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Leyman Valery Ivanovich,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. This article discusses the heat losses of buildings, mainly heat losses through enclosing structures and ways to reduce them. Various methods of improving the energy efficiency of houses are proposed, in particular, the use of passive house technology.

Keywords: energy-efficient house, thermal conductivity coefficient, thermal insulation materials, heat losses.

Согласно Федеральному закону РФ от 23 ноября 2009 г. 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»,

основная концепция которого состоит в увеличении энергетической эффективности экономики, и Энергетической стратегии России на период до 2030 года, одним из главных направлений в развитии энергетики является энергоэкономия и повышение энергоэффективности [1; 2].

Энергоэффективностью является рациональное употребление энергетических ресурсов, применение минимального количества энергии для покрытия той же степени энергетического обеспечения технологических процессов или зданий.

Одним из способов достижения поставленных задач является применение технологии «Пассивный дом». Это уникальная технология строительства автономных зданий, имеющих энергосистему, позволяющую максимально эффективно использовать тепло, возникающее по естественным причинам, не используя искусственных энергоёмких источников.

Для того чтобы дом считался энергоэффективным, его годовая потребность в энергии для отопления и вентиляции должна составлять не более 40 кВт·ч/м. Пассивный дом требует меньше энергии – максимум 15 кВт·ч/м.

Энергоэффективные и пассивные дома должны иметь компактную и простую форму. Выбор материалов и технологий оказывает влияние на затраты по эксплуатации здания и комфорт проживания. Хорошо изолированный дом требует меньше энергии для обогрева, охлаждения и вентиляции, а также для обеспечения горячей водой.

Основными тепловыми потерями являются теплопотери через ограждающие конструкции в жилых домах. В процентном соотношении они составляют: 20% – крыша, 25% – стены, 15% – пол, 40% – окна [3]. Отсюда видно, что больше всего энергии теряется через окна, поэтому при проектировании пассивного дома именно на них необходимо обратить особое внимание.

Имеются различные способы снижения потерь через окна: применение энергосберегающих или электрообогреваемых стёкол, утепление оконных откосов, применение многокамерных окон.

Существует два типа энергосберегающих стекол: И-стекло и К-стекло, которые отличаются технологией, по которой их производят, стоимостью и некоторыми свойствами.

К-стекло – это обычное флоат-стекло с нанесённым на его поверхность слоем окислов цветных металлов, как правило, индия и олова. Этот слой действует как инфракрасное зеркало, отражая в помещение излучение тепловых приборов. Преимуществами такого покрытия является его стойкость к механическому и химическому воздействию. Изготавливаются данные стекла пиролитическим способом.

К-стекло может использоваться как в одинарном остеклении, так и в составе стеклопакета. Такое стекло, однако, хуже отражает инфракрасные лучи и стоит намного дороже И-стекла.

И-стекло производится как обычное стекло, но на последней стадии на его поверхность наносится оксиды металлов с применением специальной производственной техники, оснащенной системой так называемого «магнетронного распыления». При работе с таким стеклом необходимо быть максимально осторожным, ведь малейшая погрешность может привести к значительному уменьшению срока эксплуатации. Такое остекление имеет несомненное преимущество – оно прекрасно отражает инфракрасное излучение, сберегает тепло и уменьшает расходы на энергопотребление.

Особо эффективным становится остекление, в котором используются преимущества энергосберегающего стекла и стеклопакета. Такая конструкция представляет собой несколько склеенных стекол и полостей между ними. Эти полости называются камерами и иногда заполняются инертным газом.

Солнечный свет, поступая в помещение, нагревает мебель и бытовые приборы. Когда становится холодно, мебель и приборы начинают отдавать тепло, которое уходит через стекла, а энергосберегающее стекло препятствует этому. Летом же такие стекла не пропускают инфракрасное излучение в дом, что значительно сокращает затраты на использование кондиционера.

Также возможно применение электрообогреваемых стёкол, они имеют на внутреннем стекле нагревательный элемент в виде токопроводящего покрытия на основе оксидов металлов, выполненного на полимерной основе. В связи с этим конструкция таких окон является более сложной в сравнении с энергосберегающими окнами.

Оптимальный режим работы электрообогреваемых окон достигается при подаче на стекла того количества энергии, которое теряется, поэтому необходима установка автоматической системы контроля с термодатчиками.

Энергоэффективные дома должны характеризоваться низким энергопотреблением, поэтому также очень важно хорошо изолировать пол, крышу и стены.

При утеплении наружных стен необходимо, чтобы не было тепловых мостов. Они возникают при неточной укладке изоляции или при изменении ее размеров с течением времени. Важнейшим параметром для изделия, изолирующего наружную стену, является коэффициент теплопроводности [4]. Наиболее популярными являются материалы: пенополистирол, минеральная вата из стекла или камня, у которых λ достигает значений от 0,030 до 0,045 Вт/(м·К). Чем ниже коэффициент λ , тем лучше теплоизолированность стены.

В соответствии с действующими нормами коэффициент теплопроводности λ стены не может быть выше 0,23 Вт/(м·К). Очень низкое значение λ лучше всего достигается при возведении многослойных стен, состоящих из несущей стены и

достаточно толстого изоляционного слоя. В энергоэффективных домах толщина изоляционного слоя должна быть минимум 20 см, в пассивных домах толщина минеральной ваты может достигать 40 см.

Коэффициент теплопроводности λ для крыши в настоящее время не может быть выше 0,18 Вт/(м·К). Поэтому необходимо использовать более толстую изоляцию, чем в случае наружных стен.

Толщина стандартной изоляции, обеспечивающей предписанный коэффициент теплопроводности, составляет около 25 см. Если мы используем кровельную изоляцию толщиной 30-40 см, с материалом с хорошими теплоизоляционными свойствами, коэффициент теплопроводности может достигать 0,14 Вт/(м·К). Это принесет ощутимые выгоды. Зимой позволит сэкономить на отоплении дома, а летом – от излишнего перегрева здания [5].

Правильно выполненная теплоизоляция крыши также предотвращает конденсацию водяного пара, который может вызвать грибок в конструкции деревянного каркаса стропил и ухудшение его конструктивных свойств. Поэтому хорошая изоляция крыши является условием не только для экономичного управления энергопотреблением, но и для долговечности дома.

На что также следует обратить внимание – это система вентиляции. Естественная вентиляция, особенно зимой, увеличит теплопотери. Эффективнее поставить приточно-вытяжную систему с возможностью рекуперации тепла, то есть нагрева поступающего холодного воздуха от передачи части тепла от уходящего теплого воздуха без смешения воздушных потоков.

Для повышения экономии электрической энергии возможно использование энергоэффективных приборов и светодиодных ламп освещения [6]. На сегодняшний день каждый прибор несет маркировку класса энергоэффективности, которая уже стандартизирована в большинстве развитых стран.

Сохранение тепла и экономия энергии частично зависят от планировки дома. Для энергоэффективного дома проектировщики рекомендуют простую форму, близкую к квадрату. Замысловато изрезанный план дома ведет к увеличению площадей ограждающих конструкций и, соответственно, к теплопотерям. Если хочется фасад разнообразить, то выход есть. Внутренние помещения дома, не требующие интенсивного отопления, следует выводить во внешний контур: веранды, прихожую, зимний сад, гаражи и кладовые, прачечную и т. д. Комнаты с большими окнами лучше выводить на юг, если это возможно. Не стоит усложнять и конструкцию крыши. Если ребер и разного рода изломов будет много, площадь неизбежно увеличится, что повышает теплопроводность.

Существуют и нетрадиционные способы повышения энергоэффективности зданий, например, установка тепловых насосов для систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования, установка солнечных коллекторов для подогрева воды и т. д. [7].

Как показывает опыт западных стран, энергоэффективные дома вполне реальны. Добиться этого можно комплексом двух основных мер: использовать энергоэффективное электрическое оборудование и создавать надежный тепловой контур.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – Текст: непосредственный.

2. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – Москва. – Текст: непосредственный.

3. Гладышев, Н. Н. Инновационные технологии использования тепловой и электрической энергии: учеб. пособие / Н. Н. Гладышев, Т. Ю. Короткова, И. С. Базулин. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 168 с. – Текст: непосредственный.

4. Пилипенко, Н. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие / Н. В. Пилипенко, И. А. Сиваков – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с. – Текст: электронный.

5. Табанаков, А. А. Энергоэффективные технологии для энергосбережения жилого здания / А. А. Табанаков, М. С. Липатов // Оригинальные исследования. – 2021. – Т. 11. – № 12. – С. 165-173. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47918356> (дата обращения: 08.03.2022).

6. Lashina, E. N. Modern life in OLED light / E. N. Lashina, S. A. O. Sabzalyev // International Journal of Professional Science. – 2021. – No 3. – P. 48-54.

7. Повышение энергоэффективности зданий: 89 способов: [сайт]. – 2022. – URL: <https://energo-audit.com/povyshenie-energoeffektivnosti-zdaniy#rekomendatsii-minstroya> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.

© Ширяев А. Д., Крюков К. А., Лейман В. И., 2022

АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛАССА ERP ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА

Канд. техн. наук, доцент **Ремизова Ирина Викторовна**,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,

Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Канд. техн. наук, доцент **Кротова Светлана Юрьевна**,
Санкт-Петербургский горный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены возможные решения по автоматизации, принимаемые на уровне планирования общеорганизационных ресурсов, в соответствии со спецификой производственного процесса нефтесервисных компаний.

Ключевые слова: ERP-системы, нефтесервисная компания, автоматизация предприятия, алгоритм организации и планирования, производственные потери.

ANALYSIS OF ERP CLASS AUTOMATION SYSTEMS FOR OIL AND GAS SERVICE ENTERPRISES

PhD in Technology, Associate Professor **Remizova Irina Viktorovna**,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

PhD in Technology, Associate Professor **Krotova Svetlana Yurievna**,
Saint Petersburg Mining University,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. Possible decisions on automation, taken at the level of enterprise resource planning, in accordance with the specifics of the production process of oilfield service companies are considered.

Keywords: ERP systems, oilfield service company, enterprise automation, organization and planning algorithm, production losses.

В настоящее время автоматизированные системы, используемые на предприятиях по добыче, переработке и хранению нефти и газа, не подходят для технологического процесса производства нефтепромысловых и транспортировочных труб или организации и управленческого учета в нефтесервисных компаниях. Поэтому необходима разработка единого комплексного решения для автоматизации процессов нефтесервисных компаний, позволяющего организовать единое информационное поле для

производственных систем и систем управления, требуется оптимизация информационных потоков и снижение производственных затрат, что является неотложной задачей. Все это позволило бы улучшить финансовые результаты за счет повышения управляемости компании и рационального распределения всех видов ресурсов, как следствие привело бы к снижению себестоимости продукции и услуг.

В настоящее время особый интерес в научных исследованиях представляет разработка автоматизированной системы управления производственным циклом для нефтегазовых предприятий. Большая часть работ сосредоточена на рассмотрении систем для компаний, которые добывают, перерабатывают, хранят, транспортируют и продают нефть и газ. Ежегодно увеличивается добыча нефти и газа в связи с разведкой новых месторождений и прокладкой новых трубопроводов. Успешное бурение и обслуживание скважин требует качественной трубной продукции.

Существует два достаточно независимых способа автоматизации управления промышленным предприятием. Современная система автоматизации управления компанией состоит из нескольких уровней, включая уровень Enterprise Resource Planning (ERP) – уровень планирования общеорганизационных ресурсов. Разнообразие производственных задач, возникающих у нефтесервисных компаний, предъявляет различные требования к функциональности, масштабируемости и технологиям. Поэтому разумный выбор системы автоматизации ERP играет первостепенную роль в дальнейшей успешной работе всей компании.

Анализ современных систем автоматизации класса ERP основан на изучении области интеграции, уровня адаптации к этапам жизненного цикла продукта, соответствия требованиям российских стандартов и безопасности, а также сложности перехода на систему автоматизации [1].

В соответствии со спецификой производственного процесса нефтесервисных компаний были определены основные критерии выбора автоматизированной ERP-системы: интегрируемость; возможность передачи начального баланса и других данных из программ, которые ранее использовались на предприятии; гибкость системы; адаптивность информационной системы к новым условиям, новым потребностям компании; функции и возможности ERP-системы; обмен данными и последующий автоматический экспорт/ импорт данных в ERP системы; адаптивность системы к этапам жизненного цикла продукта в нефтегазовой компании; целостность процессов управления качеством на всех этапах жизненного цикла продукта; подготовка интегрированных отчетов; адаптация системы к требованиям российских стандартов.

В определенной степени соответствуют основным критериям для автоматизированных систем управления нефтесервисными компаниями следующие автоматизированные ERP-системы, представленные SAP R/3 (SAP AG – Германия), Oracle Applications (Oracle – США), IFS Applications (IFS – Швеция), Baan ERP (SSA Global – США), iRenaissance (Ross Systems – США), «Галактика» (Галактика – Россия), 1С: Предприятие (1С – Россия).

Эти ERP-продукты были проанализированы с точки зрения основных критериев, требуемых процессом изготовления насосно-компрессорных труб в нефтесервисных компаниях. Анализ проводился по следующим критериям: интегрируемость; гибкость системы; обмен данными; адаптивность к этапам жизненного цикла продукта; целостность процессов управления качеством; подготовка интегрированных отчетов.

SAP R/3:

Электронный документооборот возможен при значительных модификациях программного обеспечения. Соответствует всем стандартным бизнес-процессам внутри всей компании, но модернизация программного кода является сложной задачей. Внедрение требует подготовки полной информационной базы и регистрации операций в режиме онлайн. Нуждается в уточнении в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Каждый модуль выполняет определенные бизнес-задачи независимо, но тесно связан с другими модулями. Система планирования производства позволяет учитывать большое количество деталей технологического процесса и выполнять очень подробные расчеты.

Oracle Applications:

Используется в проектах по внедрению информационных систем на базе продуктов Oracle, включая сопряжение с программными продуктами и программно-аппаратными платформами других производителей. Большое количество открытых интерфейсов, состав базы данных подробно описан и поставляется с открытым исходным кодом. Широкое внедрение стандартов поддержки протоколов: RosettaNet, электронный обмен данными (EDI), заявление о применимости 2 (AS2). Нуждается в уточнении в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Набор ERP-приложений включает в себя более 90 модулей. Очень гибкая отчетность в соответствии с требованиями.

IFS Applications:

Первоначальная настройка выполняется компанией по автоматизации. Последующие изменения конфигурации системы вносятся разработчиками под конкретные бизнес-задачи вместо того, чтобы заново настраивать текущую модификацию системы. Электронный обмен информацией с другим программным обеспечением. Нуждается в уточнении в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Управление всем жизненным циклом продукта осуществляется с помощью программ PLM (Product Lifecycle Management). Автоматизированные бизнес-процессы, концепция управления PLM, которая работает одновременно с основными средствами, обслуживанием клиентов и продуктами.

Baan ERP:

Реализован в трехуровневой архитектуре клиент-сервер, может взаимодействовать с другим программным обеспечением (поддерживает технологии CORBA, OLE). Пакет «BaanDEMse» предоставляет возможность поэтапного анализа компании, позволяя получить полную структуру системы [2]. Пакет совместим со многими информационными базами данных и имеет

довольно простую интеграцию с системами, уже установленными у клиента. Написан на языке программирования 4 поколения (4GL), что позволяет работать с событиями. Позволяет использовать существующие скрипты при программировании. Позволяет подключаться к сторонним отраслевым решениям. Обладает следующими характеристиками: адаптивность, масштабируемость, универсальность функций, охватывает большое количество управленческих задач. Обеспечивает основу для распространения как сложных функциональных модулей, так и разнообразных аналитических отчетов.

iRenaissance:

Настроенный на получение данных непосредственно от контроллеров полевой автоматизации (датчики давления и температуры, весовое оборудование), управление предприятием осуществляется на уровне управления технологическими процессами. Можно добавить необходимые функции в систему, используя встроенные CASE-tools и 4GL. Возможно использование следующих СУБД: Sybase SQL Server, MSSQL-Server, Oracle Database, RDB. Требуется корректировка системы в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Система имеет следующие модули: производство, финансы, учет персонала, составление заработной платы. В системе хранится около полутора тысяч готовых бизнес – процедур. Единая база данных содержит всю корпоративную информацию. Анализ накопленной информации возможен с помощью инструментов поддержки принятия решений – DSSuite и собственной системы ROSS Systems.

«Галактика»:

Возможные варианты интеграции: экспорт и импорт документов (с использованием стандартных системных интерфейсов; экспорт и импорт данных в общепринятых форматах; возможность организации прямого взаимодействия сторонних средств разработки с физическими таблицами через механизм SQL-запросов [3]. ERP и BI-системы предоставляются бесплатно. Взимается плата только за поддержку и внедрение. Варианты бесплатного программного обеспечения имеют ограниченную функциональность по сравнению с платными версиями. «Галактика экспресс» содержит тот же исходный код, что и платная версия ERP-системы, но часть ее стала открытой. Система не интегрирована. Большое количество модулей не подключено. Документы в финансовый модуль требуют значительного ручного ввода. Нуждается в уточнении в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Система не реализует алгоритмы для формирования оптимальных запросов на производство и поставку в зависимости от спроса, планов, прогнозов или их комбинации. Инструментарий позволяет создавать автономные отчеты на основе простого языка запросов к базе данных (SQL). Отчеты могут быть сохранены для повторного использования и экспортированы в форматы MS Excel, HTML, GIF, JPG, PNG, BMP, CSV, TXT, PDF.

1С: Предприятие:

Поддерживает наиболее распространенные типы операционных систем и баз данных: Linux, Windows, Mac OS, PostgreSQL, MS SQL Server, IBM DB2, база

данных Oracle. Открытая система – позволяет обмениваться данными со многими внешними приложениями и техническим оборудованием, благодаря открытым стандартам и протоколам передачи данных. Система написана на собственном внутреннем языке программирования, который обеспечивает доступ к данным и возможность взаимодействия с другими программами. Нуждается в уточнении в зависимости от особенностей бухгалтерского учета компании – конечного пользователя. Система не реализует алгоритмы для формирования оптимальных запросов на производство и поставку в зависимости от спроса, планов, прогнозов или их комбинации. Инструментарий позволяет создавать автономные отчеты на основе простого языка запросов к базе данных (SQL). Отчеты могут быть сохранены для повторного использования и экспортированы в форматы MS Excel, HTML, GIF, JPG, PNG, BMP, CSV, TXT, PDF.

Анализ автоматизированных систем ERP и того, в какой степени они отвечают основным потребностям производственного процесса в нефтесервисных компаниях, показал, что ни одна из оцененных систем не решает полностью все проблемы компании. Поэтому необходимо приобрести или разработать дополнительный модуль с необходимой функциональностью и, следовательно, интегрировать его. Кроме того, утверждение о том, что ERP-система уже интегрирована, довольно сомнительно, поскольку установка новой версии любого модуля, включенного в ERP-систему, требует обновления других модулей. Поэтому поставщики должны обеспечивать возможность реализации различных версий своих приложений, что также требует интеграции [4].

Ни одна из проанализированных ERP-систем не адаптирована к специфике производства нефтяных труб и не может получать отчеты на этапах жизненного цикла продукта в нефтесервисных компаниях. Система BAAN продемонстрировала наибольшие возможности интеграции, поскольку у нее есть механизмы, позволяющие внешним приложениям работать с внутренним системным объектом. Самая низкая интеграция наблюдалась в системе SAP R/3, поскольку она требует значительного улучшения программного обеспечения и как следствие высокие финансовые вложения. Большинство российских систем автоматизации не нацелены на идею целостности процессов управления качеством на всех этапах жизненного цикла продукта.

Таким образом, при автоматизации нефтесервисных компаний весьма актуальна разработка единого алгоритма организации и планирования процесса изготовления насосно-компрессорных труб, который позволил бы оптимизировать работу производственных, управленческих и информационных потоков, а также сократить время простоя и перепроизводство. Разработанная система автоматизации предприятия нефтегазовой отрасли на уровне управления технологическим процессом включает алгоритм организации и планирования процесса изготовления насосно-компрессорных труб, разделенный на модули алгоритма в соответствии с отдельными задачами (функциями). Задачи системы взаимосвязаны таким образом, что отдельные модули общего алгоритма работают в конкретных производственных процессах [5]. Алгоритмическая поддержка автоматизированной системы

управления технологическими процессами основана на прогрессивном принципе модульности, в соответствии с которым программное обеспечение может быть разложено на набор (или синтезировано из набора) автономных частей алгоритмических задач. Разработана система автоматизации нефтесервисной компании на уровне управления технологическим процессом на основе единого алгоритма организации и планирования процесса изготовления насосно-компрессорных труб нефтяных скважин. Алгоритм внедрен в действующей сервисной компании по производству и продаже трубной продукции наряду с широким спектром услуг по техническому обслуживанию.

Список литературы:

1. Круговая, Т. С. Процесс планирования закупок сырья для изготовления нефтегазовых труб / Т. С. Круговая, И. В. Ремизова. – Текст: непосредственный // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: теория, методология, практика» (13 июня 2019 г., г.Уфа) В 3 ч. Ч.1. – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2019. – С. 128-134.

2. Мировой рынок ERP-систем / Информационный бюллетень: Jet Info / Текст: электронный. – 2002. – № 2 (105). – URL: <https://www.jetinfo.ru/mirovoj-gynok-erp-sistem/> (дата обращения: 07.05.2022).

3. Галактика ERP: Интеграционные свойства – Информационные системы «Галактика»: [сайт]. – URL: <https://topsoft.by/products/erp/technology/integracionnye-svoystva/> (дата обращения: 07.05.2022). Текст: электронный.

4. Кусов, А. А. Проблемы интеграции корпоративных информационных систем А. А. Кусов – Текст: непосредственный // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – Кисловодск: Кисловодский институт экономики и права, 2011. – № 4 (28). – С: 103-109.

5. Ремизова, И. В. Система автоматизации предприятий нефтегазового сервиса 2020 / И. В. Ремизова, Т. С. Круговая, С. Ю. Кротова, Е. Н. Овчинникова. – Текст: электронный // Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия 905 012041. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/905/1/012041> (дата обращения: 11.05.2022).

© Ремизова И. В., Кротова С. Ю., 2022

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ТЕПЛА С ПОМОЩЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ

Студент **Бессонов Илья Алексеевич**,
Студент **Ивакина Алена Дмитриевна**,
Старший преподаватель **Климова Виктория Андреевна**,
Канд. техн. наук, доцент **Ташлыков Олег Леонидович**,
Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассмотрено моделирование переноса тепла с помощью излучения между двумя параллельными пластинами, которое сверено с расчетом по методу балансов. Выполнено моделирование переноса тепла между стальным шариком и пластиной в COMSOL.MULTIPHYSICS. Проведена верификация полученных результатов в пакете вычислительной гидродинамики SolidWorks Flow Simulation.

Ключевые слова: теплообмен излучением, компьютерное моделирование физических процессов, закон Стефана-Больцмана, COMSOL.MULTIPHYSICS.

SIMULATION OF THE HEAT TRANSFER PROCESS BY RADIATION

Student **Bessonov Ilya Alekseevich**,
Student **Ivakina Alyona Dmitrievna**,
Senior Lecturer **Klimova Victoria Andreevna**,
PhD in Technology, Associate Professor **Tashlykov Oleg Leonidovich**,
Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russian Federation

Abstract. This paper considers a simulation of heat transfer by means of radiation between two parallel plates, which is checked against the calculation by the method of balances. The simulation of heat transfer between a steel ball and a plate in COMSOL.MULTIPHYSICS is performed. The obtained results have been verified in the SolidWorks Flow Simulation computational fluid dynamics package.

Keywords: heat exchange by radiation, computer physical processes modeling, Stefan-Boltzmann law, COMSOL.MULTIPHYSICS.

Теплообмен излучением широко применяется как в быту, так и в различных областях техники: в металлургии, теплоэнергетике, ядерной энергетике, ракетной технике, химической технологии, сушильной технике, гелиотехнике. Особенность этого вида теплообмена в том, что для него не требуется среда – переносчик теплоты. Этот практически единственный возможный способ обеспечения энергией космических аппаратов с ядерными источниками используется, например, в совместном проекте группы

предприятий «Роскосмоса» и «Росатома», направленном на создание ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса – ЯЭДУ [1].

В инженерных задачах, следовательно, довольно часто возникает необходимость расчета переноса теплоты при помощи излучения. Такие задачи имеют аналитическое решение для излучения между телами простой геометрии – пластины, цилиндра, шара. Если тело имеет более сложную конфигурацию, то необходимо применять численные методы решения задач, которые сейчас активно используются в составе пакетов компьютерного моделирования.

В данной работе проведено моделирование теплообмена излучением между двумя плоскими параллельными пластинами с помощью вычислительного пакета COMSOL.Multiphasic. Для сравнения выполнен расчет по методике, предложенной в классических учебниках [2; 3].

Классическая методика

Рассмотрим наиболее простой пример теплообмена излучением – теплообмен между двумя плоскими параллельными пластинами. Пластины высотой 50 см расположены друг от друга на расстоянии 20 см и имеют одинаковую степень черноты – 0,9. Одна из пластин имеет комнатную температуру, равную 293,15 К, температура второй равна 500 К.

Если пластины разделены прозрачной для излучения средой, то результирующий тепловой поток от горячей пластины к холодной находится по следующей формуле [2]:

$$q_{1,2} = \frac{c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} - 1},$$

где $q_{1,2}$ – удельный линейный тепловой поток между пластинами, Вт/м²;

$c_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана;

T_1, T_2 – температуры пластин, К;

A_1, A_2 – степень черноты пластин.

Подставляя исходные данные в формулу, получим $q_{1,2} = 2556,8$ Вт/м². Примем, что толщина пластины равна 1 метру. С учетом площади пластины общий тепловой поток составит 1278,4 Вт.

Решение задач в COMSOL

Решим описанную выше задачу в вычислительном пакете COMSOL.Multiphysics (рис. 1). При расчете используются три встроенные физические модели: «Теплопроводность в твердых телах», характеризующая теплопередачу внутри пластины; «Излучение от поверхности к поверхности» для переноса тепла между пластинами за счет излучения и модель мультифизики «Лучистый теплообмен», которая связывает две предыдущих между собой. Задача подобного рода является стационарной.

Для упрощения вычислений было принято, что система находится в вакууме, что позволяет исключить поглощение излучения окружающей средой.

Вычислительный пакет COMSOL.Multiphysics позволяет выполнять вычисления с использованием сетки, которая генерируется методом конечных элементов.

В результате расчета данной задачи в COMSOL.Multiphysics было получено, что тепловой поток между двумя пластинами равен 1447,8 Вт. Отклонение от теоретического результата (12,135%) связано с тем, что в COMSOL.Multiphysics учитывается теплообмен с окружающей средой через боковые грани пластин, а в методике [2] принято, что пластины бесконечные.

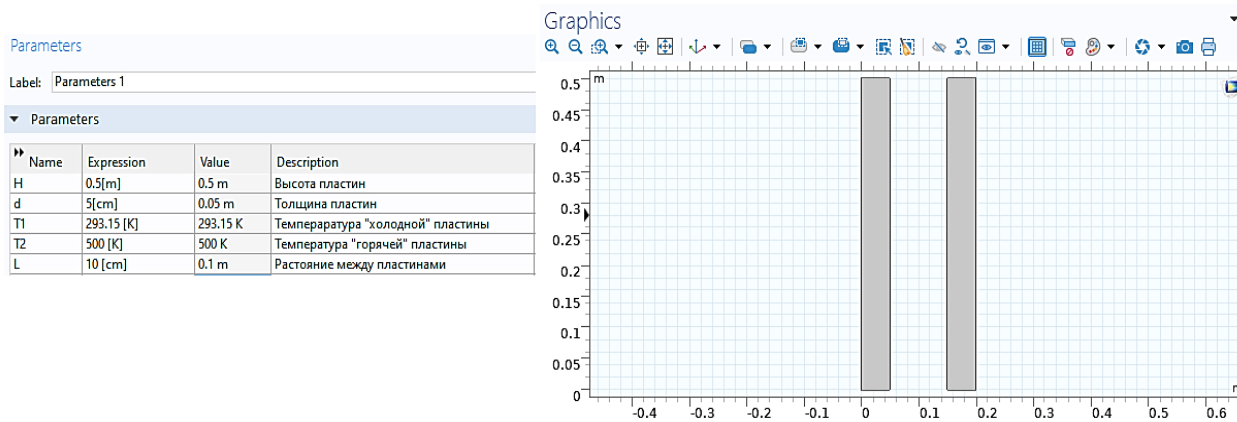


Рис. 1. Параметры задачи с двумя пластинами

Рассмотрим теперь более сложную задачу – теплообмен излучением между шаром радиусом R и экраном в форме параллелепипеда с геометрическими размерами $a \times b \times c$. В таблице 1 приведены параметры, характеризующие задачу. На рис. 2 представлена решаемая задача.

Таблица 1 – Основные параметры модели

Обозначение	Наименование параметра	Значение
R , см	Радиус шар	10
a , м	Высота экрана	1
b , м	Ширина экрана	1
c , см	Толщина экрана	5
L , м	Расстояние от края шара до центра экрана	0,5
T_0 , К	Температура экран	293,15
T , К	Температура шара	500

В программе «COMSOL» создаем 3D модель, работающую в разделах физики «Heat Transfer in Solids» (теплообмен в твердых телах), «Surface-to-Surface Radiation» (теплообмен излучением) и «Multiphysics»: «Heat Transfer with Surface-to-Surface Radiation» (связывает предыдущие между собой). Принимаем, что система находится в вакууме, эксперимент проходит в стационарном режиме [4].

По заданным параметрам построим модель, так, что центр шара совпадает с центром координат и расположен на одной линии с центром пластины. Шар и пластина состоят из стали («Steel AISI 4340»), степень черноты равна 0,9. Учитываем, что температура шара не меняется со временем, а излучение принимают грани пластины. Размер расчетной сетки выбираем «Normal», так как

Этот размер позволяет произвести расчеты с оптимальным для данной задачи соотношением скорости и точности расчета.

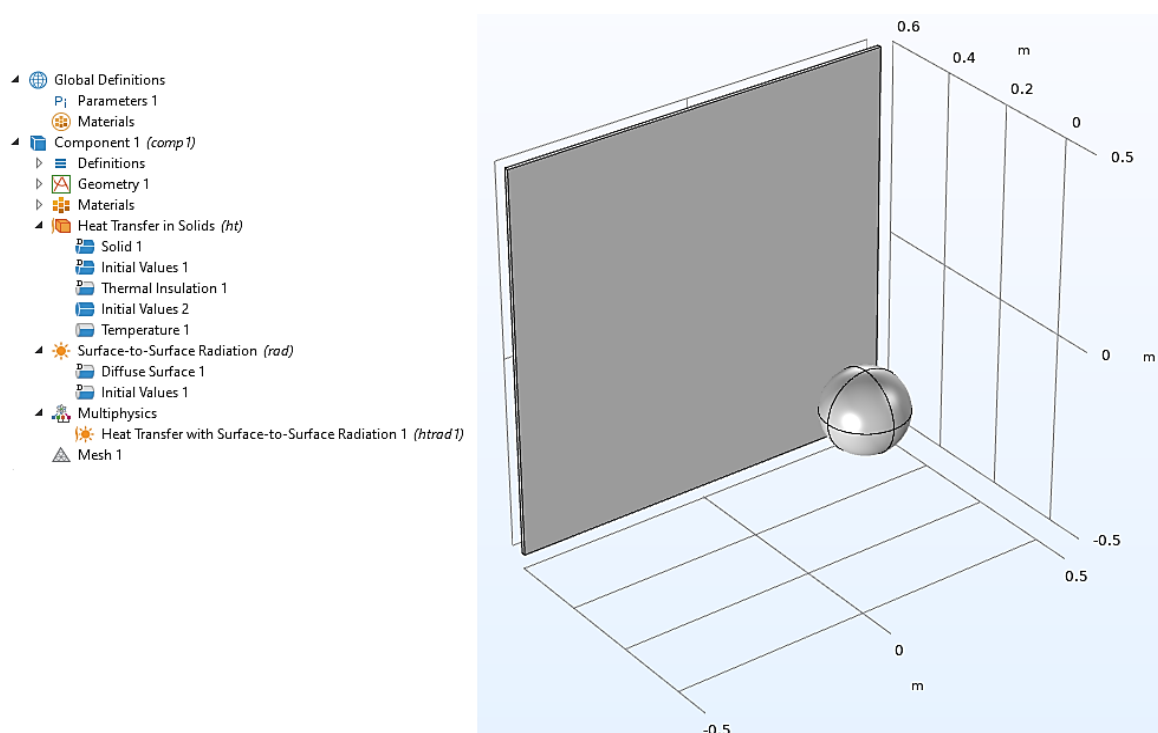


Рис. 2. Твёрдотельная модель шара и экран

Моделирование в SolidWorks Flow Simulation

Для сравнения был проведен аналогичный расчет в пакете вычислительной гидродинамики SolidWorks Flow Simulation [5].

С целью повышения точности расчета необходимо в инженерную базу данных SolidWorks добавить материал, который использовался при расчете в COMSOL.MULTIPHYSICS. В расчете использовалась сталь AISI 4340. Свойства данного материала приведены в таблице 2.

Геометрические параметры и начальные условия, которые используются для расчёта в SolidWorks Flow Simulation, совпадают с условиями в COMSOL.Multiphysics.

Таблица 2 – Свойства стали AISI 4340

Параметр	Значение
Плотность, кг/м ³	7850
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	44,5
Удельная теплоемкость, Дж/кг	475

В расчете использовались модули, которые рассчитывают теплообмен излучением и теплопроводность в твердых телах. Для решения была выбрана сетка 6-го уровня [6].

Результаты расчетов

Результаты вычислений в пакете COMSOL.Multiphysics представлены в виде поверхностного распределения температуры на экране и графика зависимости температуры поверхности экрана от координаты по высоте (рис. 3, рис. 4).

Как мы можем увидеть, центр более прогрет, в отличие от периферии (температура увеличилась приблизительно на 4,5 градуса).

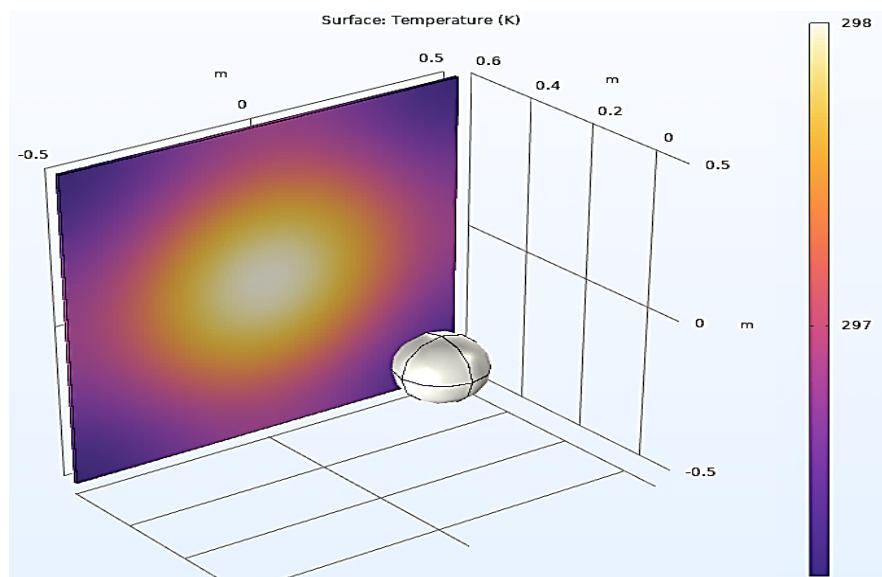


Рис. 3. Поле температуры экрана

Результаты, полученные в пакете вычислительной гидродинамики SolidWorks Flow Simulation, для сравнения занесены в таблицу 3. Видно, что результаты двух расчетных пакетов отклоняются примерно на 0,47%. Данное расхождение образуется за счет различия алгоритмов генерации расчетной сетки и ее точности.

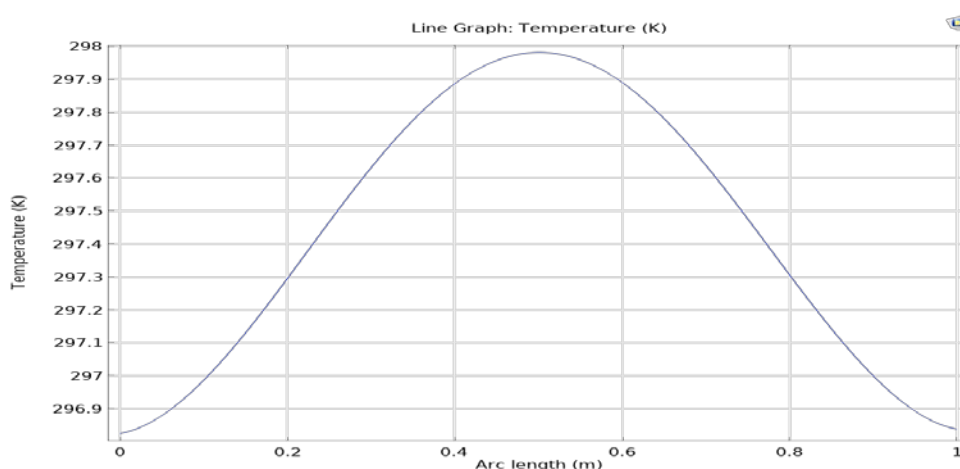


Рис. 4. График распределения температуры в центральной части пластины

Таблица 3 – Сравнение результатов

Параметр	Расчетный пакет		Отклонение результатов, %
	SolidWorks Flow Simulation	COMSOL MULTIPHYSICS	
Максимальная температура пластины, К	297,4786	297,98	0,1684
Падающий тепловой поток на пластину со стороны шарика, Вт	441,604	443,67	0,4656

Заключение

В работы было выполнено моделирование процесса переноса тепла с использованием излучения. Расчет проводится в двух вычислительных пакетах. Анализ результатов показывает, что отклонение составляет не более 1%.

В дальнейшем планируется построение модели, которая описывает охлаждение оборудования космических аппаратов за счет излучения.

Список литературы:

1. ИРМ-Росатом: [сайт]. – URL: <http://irm-atom.ru/> (дата обращения: 12.05.2022). – Текст: электронный.
2. Исаченко, В. П. Теплопередача: учебник для вузов. – изд. 3-е. перераб. и доп. / В. П. Исаченко – М.: «Энергия», 1975. – 488 с. – Текст: непосредственный.
3. Михеев, М. А., Михеева, И. М. Основы теплопередачи. – Изд. 2-е, стереотип. / М. А. Михеев, И. М. Михеева – М.: «Энергия», 1977. – 344 с. – Текст: непосредственный.
4. Surface-to-Surface Radiation with Diffuse and Specular Reflection. URL: <https://www.comsol.ru/model/surface-to-surface-radiation-with-diffuse-and-specular-reflection-72231> (дата обращения: 02.05.2022).
5. Technical reference. Solidworks Flow Simulation. 2019.
6. Modest M. F. Radiative Heat Transfer, 2nd. ed. Academic Press. 2003.

© Бессонов И. А., Ивакина А. Д., Климова В. А., Ташлыков О. Л., 2022

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ВЕТКЛИНИКИ IRBIS

Студент **Полякова Софья Викторовна**,
Науч. руководитель: старший преподаватель
Россиева Дарья Владимировна,
Кузбасский государственный технический университет им Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются теоретические и методологические основы моделирования и описания бизнес-процессов на примере ветеринарной клиники IRBIS. Обозначено значение терминов: «Моделирование бизнес-процессов», «Процессный подход», «Процессная модель», «Контекстная диаграмма», «Диаграмма декомпозиции», которые являются основой для повышения эффективности деятельности ветклиники. Также выделены основные этапы описания бизнес-процессов.

Ключевые слова: бизнес-процессы, моделирование бизнес-процессов, блок-схемы, процессный подход, процессная модель, контекстная диаграмма, диаграмма декомпозиции.

MODELING AND DESCRIPTION OF BUSINESS PROCESSES ON THE EXAMPLE OF THE VET CLINIC IRBIS

Student **Polyakova Sofya Viktorovna**,
Academic Adviser: Senior Lecturer
Rossieva Daria Vladimirovna,
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
Kemerovo, Russian Federation

Abstract. This article discusses the theoretical and methodological foundations for modeling and describing business processes on the example of the vet clinic IRBIS. The meaning of the terms: Business process modeling, Process approach, Process model, Context diagram, Decomposition diagram, which are the basis for improving the efficiency of the vet clinic, is indicated. The main stages of describing business processes are also highlighted.

Keywords: business processes, business process modeling, flowcharts, process approach, process model, context diagram, decomposition diagram.

Современные предприятия вынуждены постоянно заниматься улучшением своей деятельности, это требует разработки новых технологий и приемов ведения бизнеса, повышения качества продукции и (или) оказываемых услуг и, конечно, внедрения новых, более эффективных методов управления и организации деятельности предприятия.

Моделирование бизнес-процессов – один из методов повышения эффективности и прозрачности работы организации. В его основе лежит процессный подход к управлению [1; 2]. Процессный подход включает в себя подход к организации и анализу ее деятельности, основанный на выделении и рассмотрении ее бизнес-процессов, которые описываются через присущие им элементы: действия, данные, события, материалы. Полученное описание позволяет глубоко разобраться в бизнес-процессах, увидеть потенциал их улучшения и эффективно организовать взаимодействие всех специалистов. Выделяют следующие этапы описания бизнес-процессов (рис. 1).

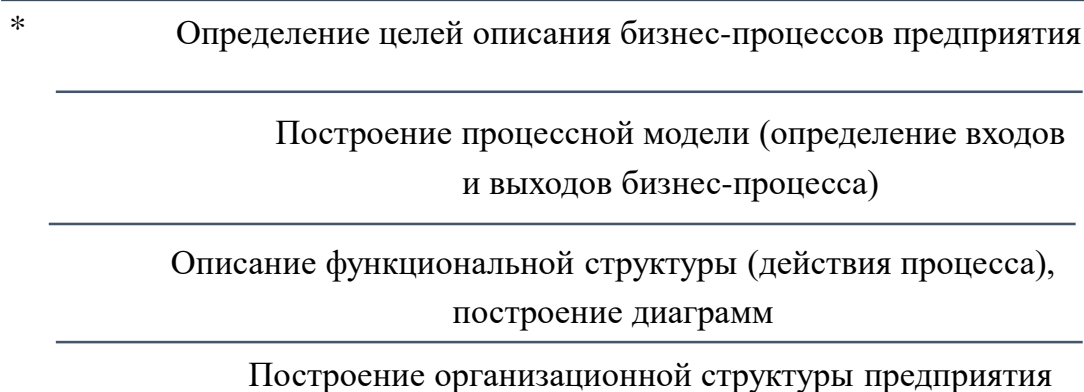


Рис. 1. Этапы описания бизнес-процессов

Процессная модель является вспомогательным инструментом, при помощи которого руководитель, совместно с другими специалистами, сможет внести соответствующие корректировки в деятельность предприятия, устранить «узкие места», грамотно рассчитать загрузку персонала и распределить ответственность [3]. На рис. 2 представлена работа ветклиники IRBIS в виде блок-схемы (процессной модели).

Подробно описать каждый процесс, используя понятия «Вход», «Выход», «Управляющие процессы» и «Поддерживающие процессы» поможет контекстная диаграмма. Контекстная диаграмма – вид IDEF0-диаграммы. Это диаграмма, представляющая собой самое общее описание системы и ее взаимодействие с внешней средой (здесь описывается основное назначение моделируемого объекта). Контекстная диаграмма ветклиники IRBIS представлена на рис. 3.



Рис. 2. Процессная модель ветклиники IRBIS

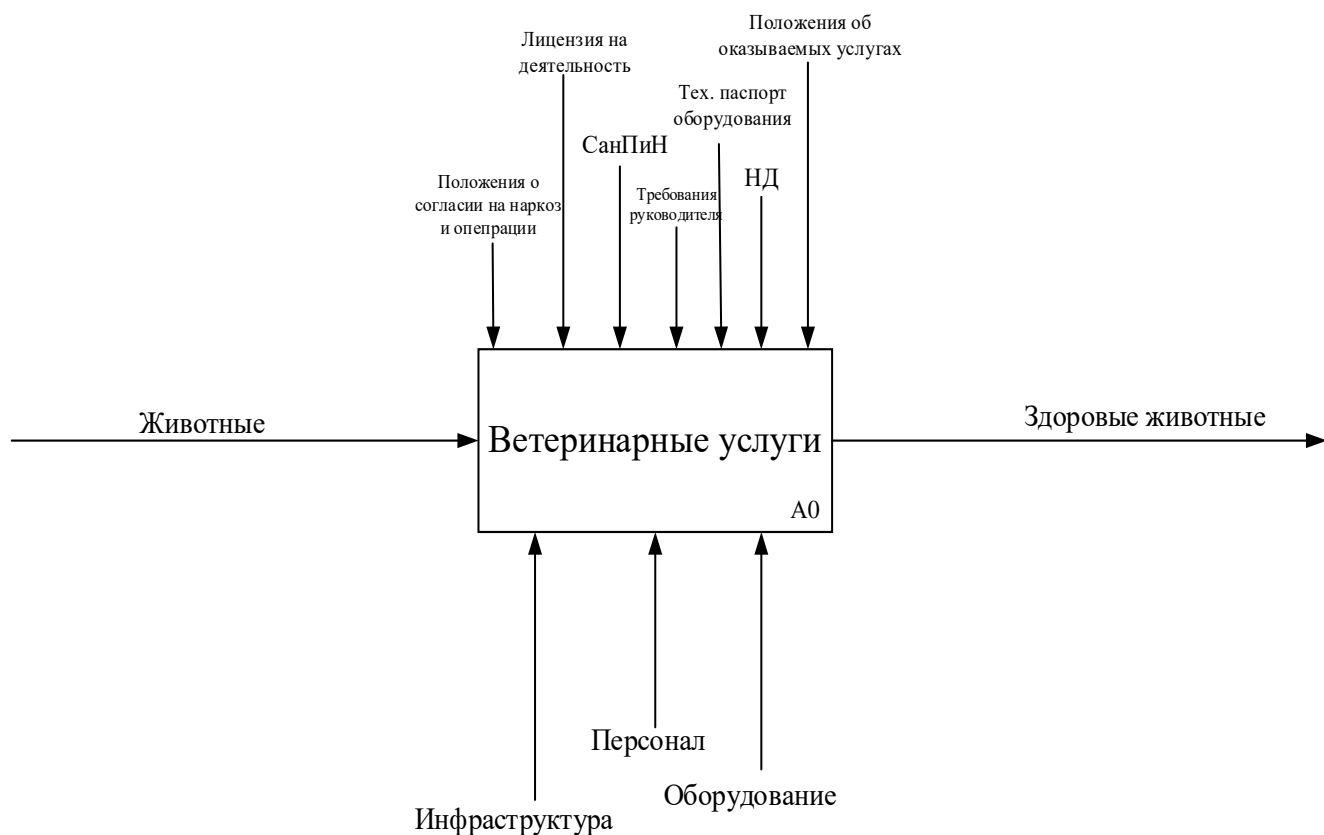


Рис. 3. Контекстная диаграмма ветклиники IRBIS

Процесс оказания ветеринарных услуг осуществляется на основе других процессов нижнего уровня, для этого существует диаграмма декомпозиции. Декомпозиции предназначены для детализации функций и получают при разбиении контекстной диаграммы на крупные подсистемы и описывающие каждую подсистему и их взаимодействие [4]. При детализации, декомпозируя каждый блок A0 с контекстной диаграммы, необходимо более подробно отражать то, что представлено на этом блоке. Это может потребовать дополнительного сбора информации о моделируемой системе, необходимо перечислить все объекты и уточнить перечень функций, выполнения которых обеспечит выполнение функции, описанной в блоке A0 [5].

Тем самым после построения контекстной диаграммы ветклиники IRBIS строится декомпозиция блока A0. Так же можно декомпозировать каждый блок (A1 – A7) на уровень ниже, для детализирования каждого процесса.

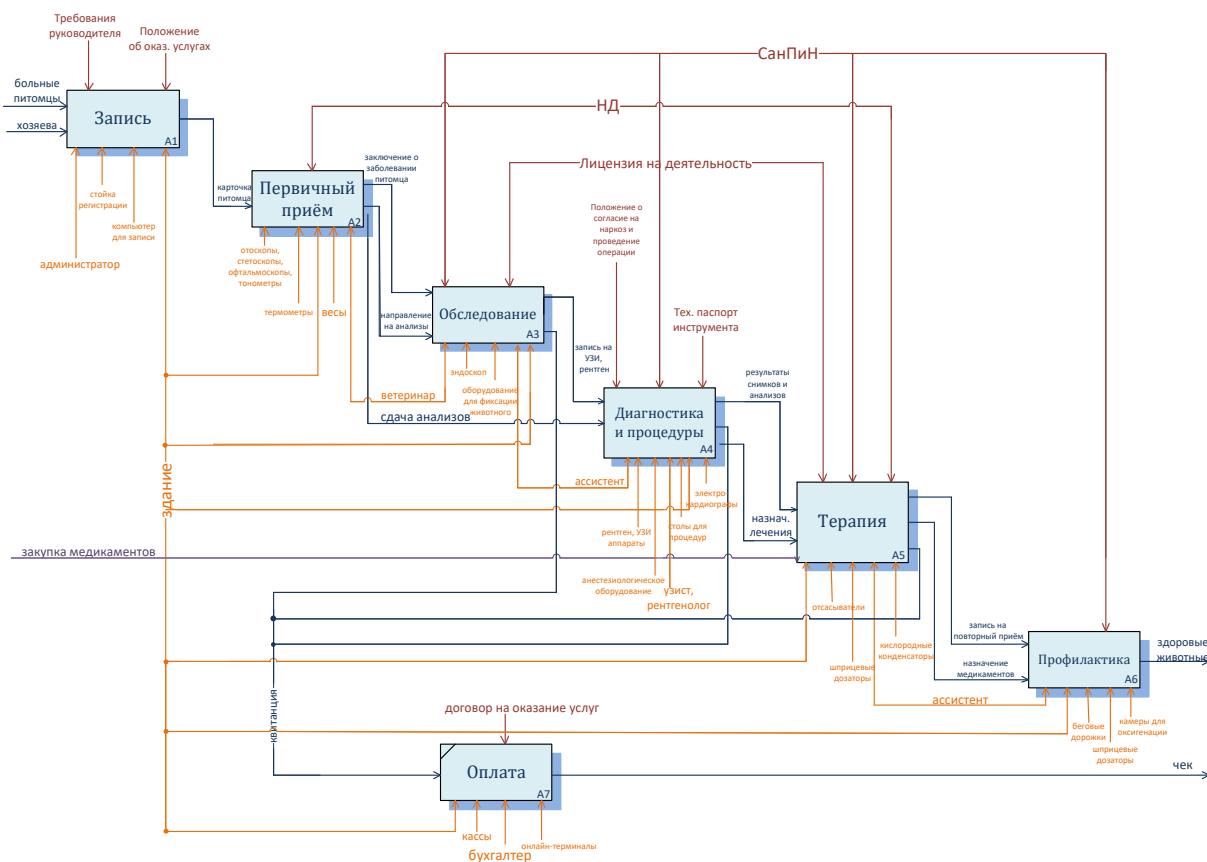


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции ветклиники IRBIS

- Смоделированная диаграмма декомпозиции поможет ветклинике IRBIS:
- получить более рациональные варианты решения управленческих задач;
 - обеспечить достоверность информации;
 - координировать действия различных подразделений в рамках процесса;
 - повысить результативность и эффективность работы организации;
 - выявить возможности для улучшения процессов;
 - устранить барьеры между функциональными подразделениями;
 - исключить невостребованные процессы;
 - сократить временные и материальные затраты.

В заключение краткого описания бизнес-процессов ветклиники IRBIS следует отметить, что бизнес-процессы предприятия могут быть представлены с помощью стандартных блок-схем, которые содержат дополнительные графические символы. Использование данных символов позволяет сделать блок-схемы процессов более наглядными и понятными для всех специалистов. Тем самым описанные в блок-схемах бизнес-процессы ветклиники позволят не только идентифицировать проблему, но и наглядно показать причины возникающих проблем и спрогнозировать перспективность деятельности предприятия, в том числе и вероятность его кризиса.

Список литературы:

1. Моделирование бизнес-процессов: цели, методы и результаты: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.enterchain.ru/experience/mbp/modelirovanie-biznes-protsessov-tseli-metody-i-rezultaty/> (дата обращения: 05.05.2022). – Текст: электронный.
2. Россиева, Д. В. Автоматизация процессов системы менеджмента качества с использованием систем графического моделирования: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» / Д. В. Россиева. – Текст: непосредственный // Кемерово: Кузбасский государственный технический университет. – 2020. – С. 205-206.
3. Процессная модель компании и управление изменениями: [сайт]. – 2022. – URL: <https://quality.eur.ru/DOCUM2/pmkiui.html> (дата обращения: 05.05.2022). – Текст: электронный.
4. Диаграммы декомпозиции по методологии IDEF: [сайт]. – 2022. – URL: <https://itstan.ru/funk-strukt-analiz/diagrammy-dekompozicii.html> (дата обращения: 05.05.2022). – Текст: электронный.
5. Махметова, А. Е. Методический инструментарий анализа и оценки бизнес-процессов предприятий / А. Е. Махметова. – Текст: непосредственный // Вестник СГСЭУ. – 2014. – № 2 (51). – С. 69-72.

© Полякова С. В., 2022

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

Студент **Сабзалыев Самир Асифович**,
Старший преподаватель **Зятиков Илья Дмитриевич**,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
Высшая школа технологии и энергетики,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается энергоэффективность использования частотного преобразователя в электроприводе. В результате рассмотрения данной разработки были определены и обоснованы основные причины применения частотного преобразователя.

Ключевые слова: энергоэффективность, электропривод, двигатель постоянного тока, преобразователь частоты, трехфазная система.

ENERGY EFFICIENCY OF USING A VARIABLE FREQUENCY DRIVE

Student **Sabzalyev Samir Asifovich**,
Senior Lecturer **Zyatikov Ilya Dmitrievich**,
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology and Energy,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The paper considers the energy efficiency of using a frequency converter in an electric drive. As a result of consideration of this development, the main reasons for the use of a frequency converter were identified and justified.

Keywords: energy efficiency, electric drive, DC motor, frequency converter, three-phase system.

Трудно представить дальнейшее развитие страны без наращивания темпов потребления энергии. Отметим, что на сегодняшний день основные усилия по экономии электроэнергии сосредоточены в области ее потребления – на промышленных объектах и объектах инфраструктуры. Технологический процесс различных производств в промышленности требует гибкого изменения частоты вращения каких-либо исполнительных механизмов. Благодаря бурному развитию электронной и вычислительной техники, а также стремлению снизить потери электроэнергии появились устройства для экономного управления электродвигателями различного типа. Применение новых видов управления позволяет добиться экономии энергии и увеличения автоматизации и надежности работы оборудования.

Как утверждают многие современные ученые, если оснастить двигатели различных агрегатов частотными преобразователями, то показатели потерь электроэнергии снижаются на 30% [1].

Каким способом чаще всего управляются современные механизмы и каким образом и с помощью какого технического решения возможна оптимизация их работы при помощи различных способов регулирования? Насколько энергоэффективно внедрение преобразователей частоты в современный электропривод? На эти и многие другие вопросы отвечает данная статья.

Для того, чтобы более детально разобраться в том, как и какими средствами использование частотного преобразователя повышает эффективность передаваемой мощности и избавляет потребителей от высоких электрических потерь, обратимся к источнику [2], который в качестве благоприятного примера использует экономический эффект от внедрения преобразователей частоты на объектах, которые обеспечивают транспортировку различных жидкостей. До настоящего момента, наиболее распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня стало доступным частотное регулирование асинхронного двигателя, приводящего в движение, например, рабочее колесо насосного агрегата или вентилятора (рис. 1).

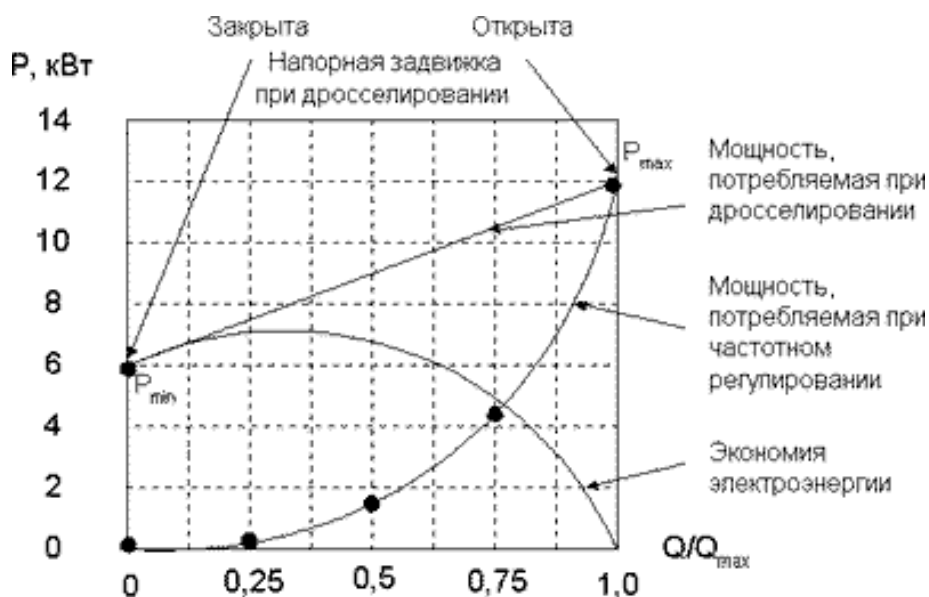


Рис. 1. Графическое представление потребляемой мощности разными способами

Для того чтобы понимать, как именно работает преобразователь частоты, необходимо знать то, как он устроен, его структуру.

Преобразователь частоты состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя «В», автономного инвертора, системы управления широтно-

импульсной модуляции (ШИМ), системы автоматического регулирования, дросселя «L_в» и конденсатора «С_в» (рис. 2).

Регулирование выходной частоты $f_{\text{вых}}$ и напряжения $U_{\text{вых}}$ осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления. Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя. Длительность этих состояний внутри периода ШИМ модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2...15 кГц) тактовых частотах ШИМ, в обмотках электродвигателя, вследствие их фильтрующих свойств, текут синусоидальные токи.

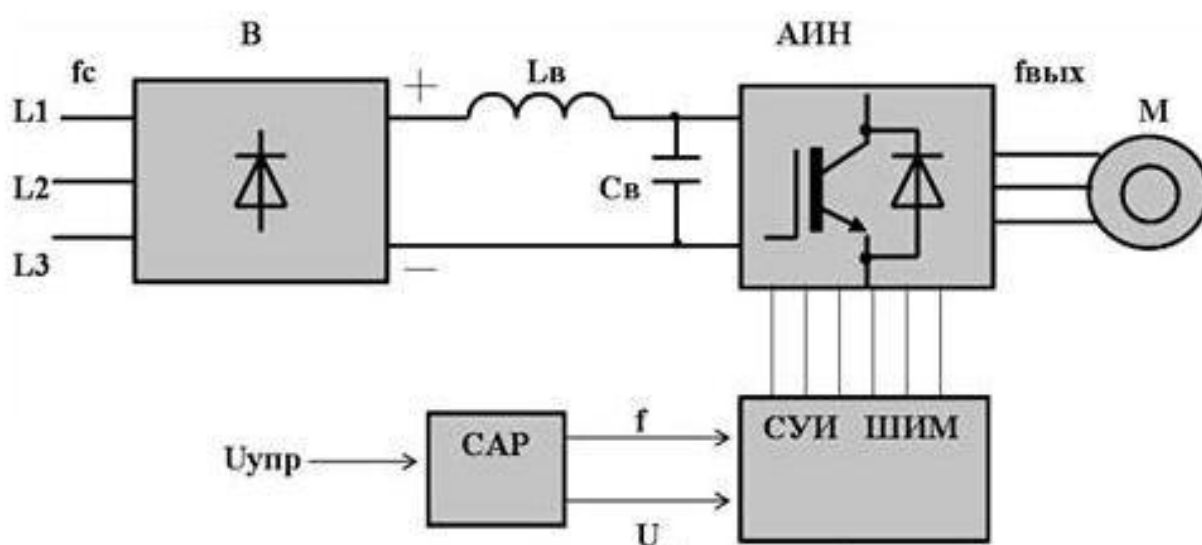


Рис. 2. Структура преобразователя частоты

Форма графика выходного напряжения представляет собой высокочастотную последовательность прямоугольных импульсов (рис. 3). Частота этих импульсов зависит от частоты ШИМ, длительность импульсов в течение периода выходной частоты АИН промоделирована по синусоидальному закону. Форма кривой выходного тока (тока в обмотках асинхронного электродвигателя) практически синусоидальна.

Регулирование выходного напряжения инвертора можно осуществить двумя способами: амплитудным (АР) за счет изменения входного напряжения U_v и широтно-импульсным (ШИМ) за счет изменения программы переключения вентилях V1-V6 при $U_v = \text{const}$.

Второй способ получил распространение в современных преобразователях частоты благодаря развитию современной элементной базы (микропроцессоры, IGBT-транзисторы). При ШИМ форма токов в обмотках статора асинхронного двигателя получается близкой к синусоидальной благодаря фильтрующим свойствам самих обмоток.

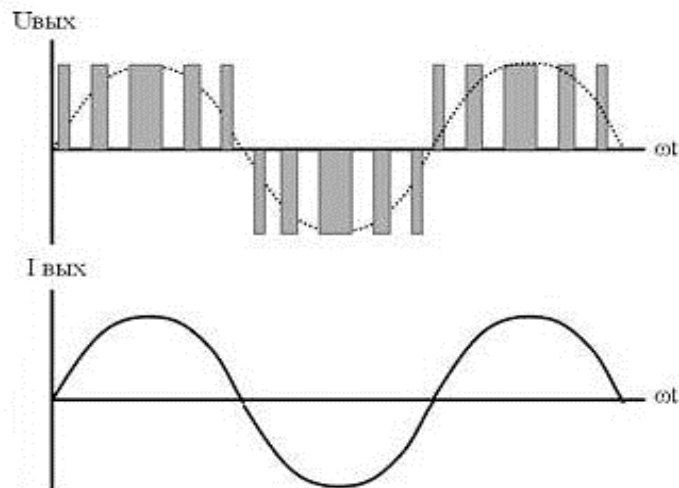


Рис. 3. Форма кривой выходного напряжения

Такое управление позволяет добиться высокого КПД электропривода, особенно с помощью типовых аналоговых сигналов, по напряжению 1..5 В, 0..10 В и току 4..20 мА, получаемых с датчиков обратной связи в замкнутой системе управления электроприводом.

Современные инверторы выполняются на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов – запираемых GTO – тиристоров, либо биполярных IGBT-транзисторов с изолированным затвором. Относительно алгоритмов контроля и управления работой преобразователей частоты на практике подразделяются скалярные и векторные методы управления [3].

Скалярное управление чаще всего применяется в несложных электроприводах и связано это с простотой и минимальным набором требуемых параметров.

В качестве подтверждения вышесказанному, предлагается рассмотреть систему водоснабжения и водоотведения, основные элементы которой – трубопроводные магистрали и насосные установки (рис. 4).



Рис. 4. Электропривод насосных установок

Внедрение скалярного метода управления для осуществления плавного пуска, торможения и регулирования скорости вращения электропривода насосов снижает количество гидравлических поражений, что позволяет сократить меры профилактических работ и вероятность аварий на предприятии, которые могут быть связаны в том числе и с преждевременным износом муфт, редукторов и различных подшипников [4]. Скалярное управление расширяет способность удержания постоянного момента на валу двигателя в рабочем диапазоне частот.

Что касается управления векторным методом, то тут необходимо сказать, что по сравнению со скалярным методом, векторный имеет большую производительность, диапазон регулирования и точность работы, как на больших, так и на малых оборотах двигателя, чем обходит практически по всем показателям принцип скалярного управления.

Примером использования частотного преобразователя с векторным управлением являются различные подъемно-опускные механизмы, где точность и позиционирование играют ключевую роль. В данном случае к рассмотрению предлагается электропривод лифтового оборудования (рис. 5).



Рис. 5. Электропривод лифтового оборудования

На протяжении долгого времени проводились различные опыты и исследования по внедрению частотного преобразователя. Исходя из результатов некоторых практических экспериментов, стало ясно, что использование преобразователей частоты для управления лифтовым электроприводом экономит свыше 35% электроэнергии (в сравнении с использованием

традиционного управления) [5]. Кроме энергосбережения, применение векторных преобразователей частоты обеспечивает ряд других преимуществ, без которых человечество не добилось бы таких успехов в промышленности:

- высокое значение крутящего момента электродвигателя на около нулевой скорости (при разгоне и торможении лифта);
- способность справляться с перегрузками;
- точное регулирование скорости и положения кабины лифта при помощи специальных датчиков обратной связи. Обеспечивается диапазон регулирования скорости 1:1000, при этом точность поддержания скорости приравнивается к 0,01%;
- специальные прикладные программы применения (уравновешивание нагрузки, быстрая остановка, компенсация момента инерции привода);
- дополнительные настройки для безопасности при обнаружении;
- функция рекуперации энергии в сеть при торможении лифтовой кабины без использования тормозных резисторов;
- снижение механической нагрузки системы подъема;
- привод работает практически бесшумно;

Как показала практика подобных применений, при использовании векторных преобразователей частоты в лифтовых системах окупаемость частотных преобразователей не превышает 2-х лет. При этом наблюдается уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт электропривода лифта.

Тот или иной метод управления выбирается исходя из требований, которые заданы для технологического процесса – это глубина и точность регулирования, необходимость управления моментом на валу двигателя, состояние привода при переходных процессах – при пуске/стопе, ускорении, замедлении, торможении.

К бесчисленным плюсам использования преобразователей частоты в электроприводе относится еще и то, что они не требуют технического обслуживания в отличие от механических задвижек и двигателей постоянного тока [6]. Уход от износа механических деталей повышает надежность оборудования, позволяя избегать аварии и нежелательные простои оборудования.

Частотные преобразователи имеют широкий набор протоколов и интерфейсов для подключения к ПЛК или системе управления завода. Благодаря использованию частотного преобразователя можно повысить уровень автоматизации и оперативно получать данные с оборудования. Внедрение частотно-регулируемого привода помогает решать задачи, связанные не только с автоматизацией технологического процесса, но и вопросы, которые касаются энергосбережения и энергоэффективности, ведь за счет значительной экономии электроэнергии, инвестиции в данную разработку окупаются за разумный период.

Список литературы:

1. Частотно-регулируемый привод экономит и повышает надежность производства энергии: [сайт]. – URL: <https://drives.ru/stati/chastotno-reguliruemyu-privod-ekonomit-i-povyshaet-nadezhnost-proizvodstva-energii/> (дата обращения: 09.04.2022). – Текст: электронный.
2. Основные сведения о частотно-регулируемом электроприводе: [сайт]. – URL: <https://www.technowell.ru/info/articles/osnovnye-svedeniya-o-chastotno-reguliruемом-elektroprivode-/> (дата обращения: 09.04.2022). – Текст: электронный.
3. Методы управления электроприводом – скалярный и векторный: [сайт]. – URL: https://rusautomation-ru.turbopages.org/rusautomation.ru/s/stati/metody-upravleniya-elektroprivodom?turbo_feed_type=full/ (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.
4. Техничко-экономическое обоснование внедрения систем управления с частотно-регулируемым электроприводом: [сайт]. – URL: <https://chemtech.ru/tehniko-jekonomicheskoe-obosnovanie-vnedrenija-sistem-upravlenija-s-chastotno-reguliruемым-jelektroprivodom/> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.
5. Для чего нужен частотный преобразователь – правильный ответ: [сайт]. – URL: <http://chistotnik.ru/dlya-chego-nuzhen-chastotnyj-preobrazovatel.html/> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.
6. Самый экономичный способ управления двигателями – преобразователь частоты: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/company/lanit/blog/484636/> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.

© Сабзалыев С. А., Зятиков И. Д., 2022

ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ

Студент **Кругликов Юрий Андреевич**,
Канд. техн. наук, доцент **Исаков Руслан Геннадьевич**,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается ряд отечественных и зарубежных статей по проблеме влияния источников распределенной генерации на распределительные сети и токовые защиты. Проводится их анализ и оценка проблемы.

Ключевые слова: распределенная генерация, распределительные сети, токовые защиты.

INFLUENCE OF DISTRIBUTED GENERATION SOURCES ON DISTRIBUTION NETWORKS AND CURRENT PROTECTION

Student **Kruglikov Yury Andreevich**,
PhD in Technology, Associate Professor **Isakov Ruslan Gennadievich**,
Kazan National Research Technical
University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russian Federation

Abstract. The article discusses a number of domestic and foreign articles on the problem of the influence of distributed generation sources on distribution networks and current protection. They are analyzed and the problem is assessed.

Keywords: distributed generation, distribution networks, current protection.

Проблемы селективности и координации устройств защиты связаны с последствиями внедрения распределенных источников. Эти проблемы напрямую влияют на безопасность оборудования и персонала, непрерывность обслуживания. Следует провести анализ, чтобы определить, правильно ли скоординированы защитные устройства, установленные в сети, после вставки распределенных источников.

В научной сфере стран СНГ исследования тем источников распределенной генерации (ИРГ) и их влияния на токовые защиты и распределительные сети в целом проводятся научными деятелями БГАУ [1], МЭИ [2], ООО «НПП Бреслер» и ОАО «ВНИИР» (г. Чебоксары) [3; 4], Киевского политехнического института [5], СПГУ [6] и др.

К примеру, в работе [1] посредством моделирования сети с изменением места подключения ветряной местной электростанции (рис. 1) было доказано,

что внедрение ИРГ уменьшает вклад основной электросети в ток короткого замыкания (КЗ) на предыдущих участках сети, что может привести к необнаружению КЗ максимальной токовой защитой (рис. 2 а). Был также получен нелинейный гиперболический характер изменения тока КЗ в зависимости от мощности местной электростанции при постоянных параметрах системы (рис. 2 б).

Авторы другого исследования [2] приходят к выводу, что интеграция объектов ВИЭ изменяет соотношение рабочих токов и тока КЗ, что приводит к снижению коэффициента чувствительности РЗ и возможности отказа ее функционирования. Отказы срабатывания устройств РЗ могут иметь место при значительной удаленности места КЗ от энергосистемы и близости к объектам ВИЭ, а также при более сложных (нестандартных) конфигурациях сети, что требует пересмотра принципов организации РЗ.

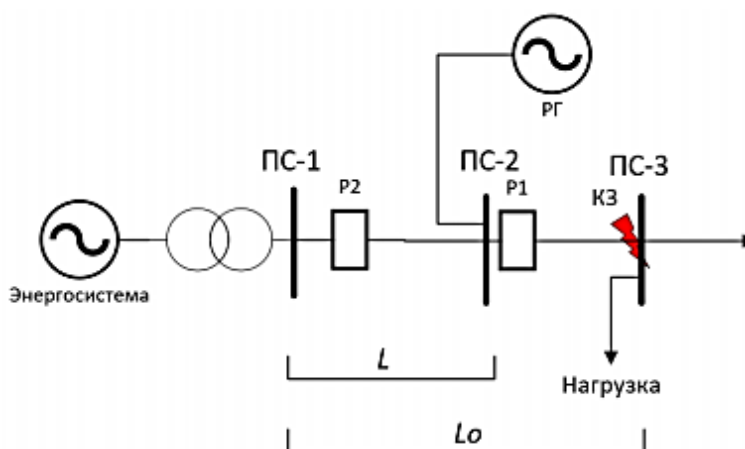


Рис. 1. Фрагмент электросети с распределенной генерацией

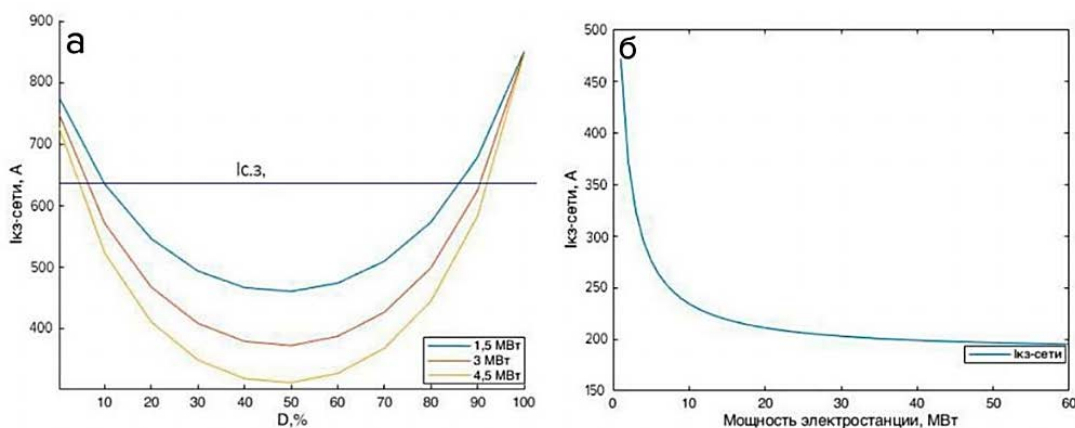


Рис. 2. а) вклад в ток КЗ от энергосистемы при разной мощности ВЭС; б) влияние мощности электростанции на вклад в ток КЗ от энергосистемы

Одной из частных тем исследования является интеграция солнечной фотоэлектрической батареи к существующим электрическим сетям. Влияние солнечной фотоэлектрической станции на РЗ представляет интерес из-за схожести с влиянием накопителей энергии.

К примеру, в работе [7] изучалось влияние на координацию защиты от перегрузки по току распределительной сети, вызванное солнечным ИРГ. Распределительная сеть низкого напряжения и распределительная сеть среднего напряжения моделируются с использованием PSCAD/EMTDC. Эффективность защиты от перегрузки по току была изучена как в присутствии, так и в отсутствие солнечных фотоэлектрических батарей. Некоторые из выявленных воздействий, вызванных наличием солнечных фотоэлектрических батарей – это ложное срабатывание фидеров, снижение чувствительности защиты и нежелательный изолированный режим. Установлено, что когда блок РГ защищен от неконтролируемого изолированного режима, воздействие смягчается. Было установлено, что отключение прямой передачи, скорость изменения частоты и защита от пониженного напряжения обеспечивают хорошую защиту для сетей с блоками с ИРГ. Ограничения, связанные с солнечной инсоляцией, могут быть решены с помощью систем питания от батарей.

Традиционная энергосистема спроектирована таким образом, чтобы иметь пассивную распределительную систему с потоком энергии только в одном направлении, от сети передачи в распределительную сеть и, наконец, к потребителю, без какой-либо генерации на стороне потребителя. Внедрение генерации на стороне распределения/потребителя препятствует потокам электроэнергии. Интеграция солнечной электростанции может привести к перераспределению токов повреждения в цепях питания. Такое перераспределение может привести к увеличению величины тока на фидере во время сбоев, которые в некоторых случаях могут превышать номинальные значения предохранителей, выключателей и т. д. Изменения тока и направления повреждения также могут привести к потере координации защиты между несколькими устройствами, снижению чувствительности защиты, нежелательному/неправильному отключению реле, нежелательному замыканию, предотвращению автоматического повторного включения [8] и т. д.

Исследование влияния солнечной фотоэлектрической энергии на систему защиты (например, на работу реле, настройки, координацию) распределительных сетей низкого и среднего напряжения было сделано путем моделирования низкого напряжения «CIGRE» и типичной распределительной сети среднего напряжения в Швеции. В диссертации исследуется, как координируется защита от перегрузки по току и как влияют уровни тока повреждения при наличии солнечной фотоэлектрической энергии в распределительной системе. Исследования ограничены системой низкого напряжения 400 В и сетью среднего напряжения 20 кВ. Переходный характер неисправностей не рассматривается, изучаются только стационарное влияние неисправностей.

Известно, что для защиты распределительных сетей используются различные типы оборудования. Используемая конкретная схема защиты зависит от уровня напряжения, защищаемого элемента и конфигурации сети. Распределительные сети в основном защищены защитой от перегрузки по току из-за их радикальной природы. Это защита, которая срабатывает, когда ток в системе превышает заданное значение. Эти токи, в несколько раз превышающие

максимальный ток нагрузки, обычно вызваны неисправностями, и система должна быть защищена от повреждений, вызванных ими. Когда ток нагрузки превышает заданное значение, подается сигнал на срабатывание защитных устройств.

Воздействия наблюдаются при уровнях проникновения солнечных фотоэлектрических батарей 30% и более. Увеличивается время срабатывания при неисправностях. В месте повреждения токи повреждения увеличиваются из-за того, что все источники вносят свой вклад в ток повреждения, однако на выходе из фотоэлектрического блока токи повреждения уменьшаются. Это связано с тем, что фотоэлектрический блок теперь вносит часть тока повреждения.

Работа [9] представляет собой обзор влияния высокой степени проникновения ИРГ на существующие системы распределения. В документе обсуждается, как микросети могут решать некоторые из этих проблем, но также представляют свой собственный набор задач проектирования защиты. Кроме того, в документе рассматриваются текущие проблемы защиты микросетей и дается обзор нескольких широко используемых стратегий защиты с их соответствующими преимуществами и недостатками в решении этих проблем на основе опыта авторов.

Авторы предполагают, что микросети, вероятно, будут иметь значительно различные и переменные уровни КЗ при работе в сетевом или изолированном режиме. Они могут иметь ограниченный вклад в ток КЗ, в частности, от преимущественно инверторных ИРГ (таких как фотоэлектрические, аккумуляторные накопители энергии, ветрогенераторы на базе полного преобразователя и т. д.).

Интеграция ИРГ может привести к двунаправленному току КЗ в системе, которая исторически была радиальной и со схемами ненаправленной защиты. Двунаправленный ток КЗ может создать множество проблем [10]. В микросетях эти проблемы часто усугубляются использованием заземляющих трансформаторов, которые могут потребоваться в соответствии со стандартами коммунальных услуг, для поддержания эффективного заземления во время работы микросети, снижения перенапряжений на неисправных фазах, если ИРГ способствует подаче электроэнергии на КЗ после отключения распределительной системы от сети, и по другим причинам.

Два примера значительных воздействий заключаются в следующем:

- а) снижение чувствительности существующей системы защиты;
- б) обратный ток КЗ при КЗ вне зоны.

Эти воздействия проиллюстрированы с использованием примера системы микросетей на рис. 3 и соответствующего описания ниже.

Встроенная микросеть утилиты обслуживает критические нагрузки на фидере вниз по потоку СВ1; микросеть – это сеть, заключенная в пунктирную линию. Точка подключения микросети (PoC) находится на стороне подключения микросети выключателя СВ1. Все автоматические выключатели (СВ), за исключением СВ23, работают как нормально замкнутые во время нормальной работы утилиты и нормальной работы микросети, связанной с сетью. При этом

условии, если мы рассмотрим КЗ в местоположении F1, ток КЗ, протекающий через выключатель CB21, будет состоять из тока КЗ, поступающего только от утилиты, а выключатель CB24 будет состоять из комбинированного тока КЗ, поступающего от утилиты и блоков (подключенных к сети) микросетей BESS.

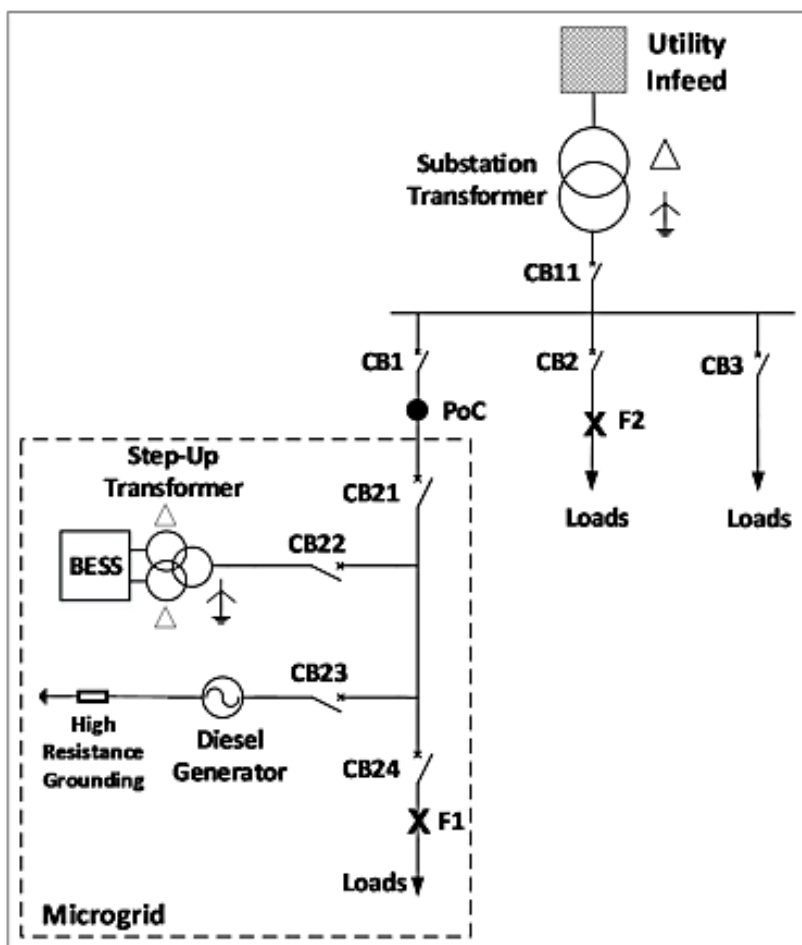


Рис. 3. Пример реальной утилиты и системы микросетей, иллюстрирующей воздействие на защиту

Следовательно, при этом рассматриваемом режиме работы и КЗ микросети (с привязкой к сети) выключатель CB21 может видеть меньший ток КЗ, протекающий через него, чем если бы микросети были отключены. Эта разница в токе КЗ может быть значительной при обеспечении обнаружения КЗ в конце линии – чувствительная защита для КЗ в конце линии может потребовать использования другого реле (в данном случае CB24) для смягчения последствий снижения чувствительности во время КЗ в местоположении F1. При КЗ в местоположении F2, однако, при тех же условиях эксплуатации коммунальных сетей и микросетей (связанных с сетью), выключатель CB1 может видеть ток КЗ, протекающий по шине подстанции, но выключатель CB1 не должен работать. Эти эффекты могут быть особенно заметны для чувствительной защиты от КЗ на землю и систем, в которых, среди прочего, используется мгновенная защита (например, схема экономии предохранителей). При интеграции ИРГ часто требуются прямое телеотключение и защита против изолирования.

Эти функции защиты могут быть использованы для отключения ИРГ в автономном режиме в определенных условиях. Для устранения КЗ и поддержания безопасной работы системы крайне важно обеспечить отключение ИРГ от системных КЗ и непреднамеренных изолированных режимов. Однако отключение ИРГ в автономном режиме во время системных событий может быть нежелательным в применении с микросетями, так как автономные ИРГ не смогут беспрепятственно подключаться и питать или обеспечивать критические нагрузки на микросети. Эти противоположные цели должны быть тщательно сбалансированы на этапе проектирования защиты микросетей.

Например, в зависимости от места КЗ, условий эксплуатации и других факторов сигналы отключения микросетей могут быть направлены для отключения выключателя межсоединений микросетей вместо встроенных ИРГ микросетей. При автоматическом включении ИРГ необходимо соблюдать осторожность, чтобы не допустить повторного включения КЗ или непреднамеренного срабатывания.

Независимо от подхода к защите, выбранного для микросети, существует сложность, заключающаяся во внедрении и тестировании разработанных схем защиты. Тщательно, хорошо спроектированная система защиты микросетей может не только соответствовать требованиям к скорости работы, но и адекватно соответствовать требованиям к селективности и надежности.

Анализ влияния проникновения ИРГ представлен в исследовательской работе [11], в которой также оценивается максимальная пропускная способность ИРГ на шинах, не приводящая к неправильной координации защиты. Влияние распределенного генератора на уровень тока КЗ зависит от местоположения, мощности и типа шины, к которой он подключен.

Добавление распределенной генерации к нескольким шинам изменяет подачу активной и реактивной мощности в линии, что, в свою очередь, изменяет величину и направление тока и потока мощности в нормальных и неисправных условиях. Это приводит к ложной и неправильно скоординированной работе реле защиты. Эти детерминированные эффекты ИРГ на координацию защиты можно охарактеризовать как:

- потеря селективности: шины с ИРГ будут вносить большой вклад в состояние КЗ, что может привести к срабатыванию соответствующих линейных реле, если неисправность не находится в зоне его защиты.

- потеря координации: работа реле на кривой обратного времени основана на величине максимального тока повреждения $I_{f_{max}}$, но поскольку $I_{f_{max}}$ изменяет смещение рабочей точки и приведет к более быстрой или задержанной работе реле, и в таком случае резервная защита может сработать раньше основной.

- потеря чувствительности: ток повреждения на шинах без ИРГ может уменьшиться из-за подключения ИРГ на других шинах, что может привести к уменьшению тока повреждения ниже датчика реле, следовательно, реле теряет чувствительность для обнаружения неисправности.

Из анализа видно, что проникновение ИРГ в сложную сетчатую сеть с системой шин IEEE 30 не влияет на шины, так как сетчатая система шин IEEE 30 уже является двунаправленной системой для повышения надежности системы.

Добавление же ИРГ в радиальную сеть изменяет направление потока мощности, а также его величину, что, в свою очередь, нарушает координацию защиты. В последние годы использование синхрофазора сделало возможным переоценку и перепроектирование координации защиты в режиме реального времени с использованием моделей состояния.

Заключение. В последнее время большие усилия были направлены на развитие распределительных сетей, включающих распределенную генерацию. Однако введение ИРГ в рамках классической распределительной сети вызывает двунаправленный поток электроэнергии, что приводит к потере селективности ее защиты. Хотя эта потеря селективности хорошо известна, влияние типа ИРГ на потерю селективности защиты распределительной сети полностью не исследовано.

Вклад тока КЗ ИРГ может привести к изменению уровней КЗ и нарушению плана защиты. Проникновение токов ИРГ приводит к потере координации защиты. Следовательно, наличие этих видов энергетических ресурсов в некоторых случаях изменит диапазон координации защиты, в то время как в других случаях это приведет к ее потере.

В радиальной распределительной сети энергия традиционно поступает из восходящего потока (точки подключения к системе передачи) вниз по течению (нагрузки). Подключение производственной группы по шине может привести к обратному потоку мощности, что приведет к неисправности ненаправленной защиты.

Вклад тока сбоя распределенной генерации в распределительную сеть имеет прямые последствия с точки зрения защиты. Избирательность и чувствительность защит могут быть серьезно нарушены и могут привести к ложному КЗ или отключению защиты из-за неисправной цепи.

Список литературы:

1. Андрианова, Л. П. Влияние распределенной генерации на работу устройств защиты и автоматики в системах электроснабжения / Л. П. Андрианова, Р. Р. Сытдыков. – Текст: электронный // Развитие и актуальные вопросы современной науки. – 2018. – № 4. – С. 11-16. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36273143> (дата обращения: 22.05.2021).

2. Вольный, В. С. Проблемы реализации релейной защиты в сетях с распределенной генерацией на основе ВИЭ, подключаемой через устройства с элементами силовой электроники / В. С. Вольный, С. П. Васильев. – Текст: электронный // Энергоэксперт. – 2019. – № 3. – С. 56-61. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41509333> (дата обращения: 30.05.2021).

3. Булычев, А. В. Максимальная токовая защита в системах электроснабжения с распределённой генерацией / А. В. Булычев, А. А. Наволочный, Г. С. Нудельман, О. А. Онисова. – Текст: электронный // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С. 75-78. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18854693> (дата обращения: 16.05.2021).

4. Онисова, О. А. Характеристика влияния распределенной генерации на функционирование релейной защиты и автоматики / О. А. Онисова. – Текст:

электронный // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2018. – № 5. – С. 88-93. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35671027> (дата обращения: 22.05.2021).

5. Попов, В. А. Особенности анализа надежности воздушных распределительных сетей с источниками распределенной генерации / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Саид Банузаде Сахрагард, А. А. Журавлев. – Текст: электронный // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 6. – С. 26-32. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23919056> (дата обращения: 13.05.2021).

6. Смирнов, А. И. Влияние распределенной генерации на чувствительность токовой защиты / А. И. Смирнов – Текст: электронный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – Вып. 6. – С. 283-288. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43145663&> (дата обращения: 10.05.2021).

7. Impacts of Solar Photovoltaic on the Protection System of Distribution Networks: thesis // Liwanga Namangolwa, Elizabeth Begumisa; Chalmers University of technology. Goteborg. 2016. p.103.

8. *Chowdhury S., Chowdhury S., Ten C. F., Crossley P. A.* Islanding Protection of Distribution Systems with Distributed Generators – A comprehensive Survey Report // Power and Energy Society Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century. 2008. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4596787?arnumber=4596787> (дата обращения: 05.06.2021).

9. *Vegunta Sarat Chandra, Higginson Michael J., Kenarangui Yashar E., Li George Tsai* AC Microgrid Protection System Design Challenges – A Practical Experience // Energies. 2021. No. 7. pp. 56-61. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/7/2016> (дата обращения: 05.06.2021).

10. Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES) // Department for Business, Energy & Industrial Strategy, UK Government: official website. 2016. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-2016> (дата обращения: 05.06.2021).

11. *Bhatti Talha Ahmed, Zafar Samiya* Impact of Distributed Generation Penetration on Protection Coordination of IEEE 30 Bus System // International Journal of New Technologies in Science and Engineering. 2018. No. 7. pp. 70-79. URL: https://www.academia.edu/37543307/Impact_of_Distributed_Generation_Penetration_on_Protection_Coordination_of_IEEE_30_Bus_System (дата обращения: 15.06.2021).

© Кругликов Ю. А., Исаков Р. Г., 2022

МАТЕРИАЛЫ
V Международной научно-практической конференции
обучающихся и преподавателей
«ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ»

2022 • Часть I

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Технический редактор Е. О. Тарновская

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 29.08.2022. Изд. № 5055/22

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4