



НАУЧНЫЙ
АСПЕКТ
na-journal.ru

2024

№2

TOM 33

УДК 001.8(082)

ББК 1

Н 34

Периодичность – 12 раз в год

Свидетельство ПИ № ФС 77-84349

ISSN 2226-5694

Состав ред. коллегии и сведения об учредителе
приведены на сайте <https://na-journal.ru>

Н 34 НАУЧНЫЙ АСПЕКТ № 2 2024. – Самара: Изд-во ООО «Аспект»,
2024. – Т33. – 122 с.

Журнал «Научный аспект» является научным изданием и отражает результаты научной деятельности авторов по различным дисциплинам в области гуманитарных, естественных и технических наук.

УДК 001.8(082)

ББК 1



Почтовый адрес: 420100 г. Казань а/я 9

Официальный сайт: <https://na-journal.ru>

Электронная почта: public@na-journal.ru

Подписано к печати 19.03.2024

Бумага ксероксная. Печать оперативная. Заказ № .
Формат 60×84 /16. Объем 7,32 п.л. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «Куранты»

г. Казань, Сибирский тракт, 34к14, оф. 317, тел. +7 (843) 216-12-71

Содержание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Баталова Л. Ш.

Реинжиниринг процесса оценки качества эмбрионов..... 4111

Лаврентьева Е. А.

Реинжиниринг процесса информирования сотрудников машиностроительного предприятия..... 4115

Гоголин А. Ф.

Цифровая безопасность «умных городов».....4121

Рубин И. М.

Анализ признаков, влияющих на популярность видео на Youtube.....4127

Комарова Ю. О.

Анализ подходов к автоматизации технологических процессов работы теплиц..... 4142

Петрова С. С., Винокурова М. А.

Развитие информационных технологий в туризме республики Саха (Якутия)..... 4148

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Деббаб А.

Оценка рисков на транспортных предприятиях с использованием метода анализа видов и последствий отказов. Сравнительное исследование..... 4155

Деббаб А.

Разработка методов анализа и оценки рисков и установления взаимосвязей с вредными и опасными факторами производственной среды.....4164

Пывина А. С., Садиков А. Ю., Чубенко М. Н.

Обзор методов модернизации колонны выделения растворителя с целью снижения потерь акриловой кислоты со сточными водами...4180

Ян Цян

Использование промышленных роботов в производстве с целью повышения эффективности деятельности..... 4188

Бабаев Р. А., Фаттахов Д. А.

Влияние резины, полученной путем переработки изношенных шин на физико-химические характеристики битума.....4195

Иванова Н. А., Заботкина Е. М.

Обзор технологий, применяемых в работе подъёмника гондольного типа, с целью улучшения инфраструктуры горнолыжного комплекса.....4202

Мазурин П. А.

Оценка деформаций металлоконструкции грузоподъёмных кранов на основе фотограмметрии.....4207

Ремизов А. Л., Коледин С. Н.

Оценка возможностей численного моделирования кинетики каталитического процесса получения арктического дизельного топлива.....4215

РАДИОТЕХНИКА

Манжула К. А., Бударный Г. С.

Радиоперехват IoT трафика.....4222

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.9

Реинжиниринг процесса оценки качества эмбрионов

Баталова Лиана Шамильевна

магистрант Уфимского университета науки и технологий

***Аннотация:** В статье рассматриваются недостатки процесса оценки качества эмбрионов. Оценивается важность данного процесса для клиники, занимающейся проведением ЭКО. Предлагается вариант реинжиниринга с применением технологии искусственного интеллекта. Была разработана математическая модель существующего и предлагаемого процесса. Разработан фрагмент технологической документации по реализации предлагаемого решения. Актуальность реинжиниринга проявляется в том, что в настоящее время процесс оценки качества эмбрионов во многих клиниках осуществляется вручную врачами. Этот момент является критически важным, так как успех проведения экстракорпорального оплодотворения зависит от качества эмбрионов.*

***Abstract:** This article discusses the shortcomings of the embryo quality assessment process. The importance of this process for an IVF clinic is evaluated. A reengineering option using artificial intelligence technology is proposed. A mathematical model of the existing and proposed process was developed. A fragment of technological documentation on realization of the proposed solution has also been developed. The relevance of reengineering is manifested in the fact that currently the process of embryo quality assessment in many clinics is carried out manually by doctors. This point is critically important because the success of in vitro fertilization depends on the quality of embryos.*

***Ключевые слова:** отбор эмбрионов, реинжиниринг процесса, клиника эко, искусственный интеллект, технологии в медицине.*

***Keywords:** embryo selection, process reengineering, IVF clinic, artificial intelligence, technologies in medicine.*

.....

Результативность экстракорпорального оплодотворения зависит от очень многих факторов, но решающим и определяющим результат успеха, явля-

ется эмбриологический этап, а именно оценка качества эмбрионов. Не все эмбрионы приводят к беременности [1]. Качество эмбрионов различно, и чем лучше качество, тем больше шансов на беременность [2].

В настоящее время, процесс отбора эмбрионов во многих клиниках осуществляется вручную. Эмбриологи проводят анализ путем визуальной оценки морфологических признаков с помощью оптического микроскопа. В течение пяти дней эмбриологи наблюдают развитие эмбриона, контролируя условия культивирования. В каждом случае решение о выборе определенных эмбрионов является коллективным и основывается на совокупности всех данных. Это значит, что любая ключевая процедура нуждается в том, чтобы пришел второй врач и произвел повторную оценку эмбрионов [3].

В связи с этим для реинжиниринга был выбран процесс оценки эмбрионов в медицинской клинике. На этом этапе можно предложить применение искусственного интеллекта для оптимизации бизнес-процесса проведения процедур экстракорпорального оплодотворения. Его внедрение может помочь в процессе отбора и оценки эмбрионов. Ведь оценка искусственного интеллекта не зависит от рабочей нагрузки, эмоций, утомления, плохого самочувствия, уровня квалификации [4]. Все это может быть у врача эмбриолога.

Предполагается, что программные модули поддержки принятия решений будут оценивать эмбрионов в соответствии с их статистической жизнеспособностью, используя для этого ряд критериев. Используя анализ в системе, можно обнаружить моменты в развитии эмбрионов и события, которые ранее были не заметны, но повлияли на клинический исход. С помощью такого программного обеспечения можно анализировать высококачественные кадры развития эмбрионов и легко регистрировать необходимую информацию о каждом. За счет выявления морфологических и морфокинетических параметров можно принять решение о выборе эмбрионов или их отбраковке [5]. Программный модуль поддержки принятия решений предполагает объективное присваивание баллов каждому эмбриону. Баллы отражают потенциал имплантации и обеспечивают единообразную и эффективную оценку эмбрионов. Реинжиниринг поможет обнаруживать жизнеспособные эмбрионы, что с большей вероятностью

приведет к клинической беременности, чем методы ручной оценки, тем самым можно сократить время до наступления беременности. Увеличение возможностей для пациентов цикла ЭКО и удовлетворенность пациентов — вот что выигрывает от этого клиника.

Фрагмент архитектуры предлагаемой системы представлен на рисунке 1. Разрабатываемая система предполагает взаимодействующие между собой базы данных, базы моделей, контроллера и пользовательского интерфейса. Пользовательский интерфейс позволяет пользователю вводить данные, описывающие конкретный новый объект, для которого нужно дать прогноз. Модели проводят вычисления, т. е. осуществляют прогнозирование, и результаты отображаются пользователю посредством пользовательского интерфейса.

Научная новизна заключается в том, что предлагаемый программный продукт разработан на базе искусственного интеллекта и машинного обучения на основе прошлых циклов ЭКО. Полученная из них информация используется для отбора эмбрионов с такой моделью развития, которая с большой долей вероятности приведет к успешному результату, то есть беременности. Используется анализ, который помогает систематизировать

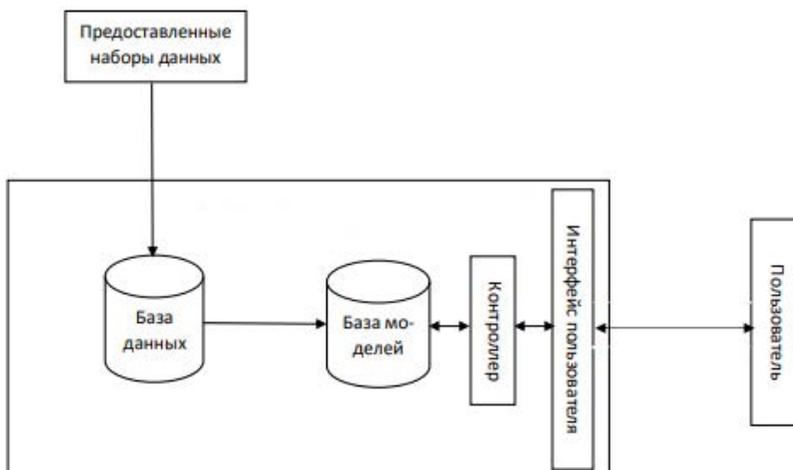


Рисунок 1. Фрагмент архитектуры предлагаемой системы

и структурировать информацию, выделить главные факторы. Применение данной технологии позволит автоматизировать процесс оценки эмбрионов и сократит время на анализ полученных данных.

В целом, данный реинжиниринг повлечет в себе экономически хороший исход:

- Сокращение времени на процесс оценки эмбрионов, что способствует развитию других подпроцессов в клинике;
- Увеличение успешных клинических исходов;
- Минимизация человеческого фактора.

Все это поможет увеличить значимость, востребованность данной клиники среди пациентов и соответственно прибыль компании. Это позволит клинике достичь экономической эффективности и улучшить конкурентоспособность на рынке.

Список литературы

1. Данькова И.В., Якорнова Г.В., Мальгина Г.Б., Мазуров Д.О., Чермянинова О.В., Бычкова С.В., Фассахова А.Ф., Смирнова Е. Е. Программа мониторинга вспомогательных репродуктивных технологий в рамках обязательного медицинского страхования: первые итоги // Проблемы репродукции. 2017. № 4. С. 65–70.
2. Корсак В.С., Смирнова А.А., Шурыгина О. В. Регистр ВРТ Общероссийской общественной организации «Российская Ассоциация Репродукции Человека». Отчет за 2020 год // Проблемы репродукции. 2022. № 6. С.12–27.
3. Рудакова Е.Б., Замаховская Л.Ю., Стрижова Т.В., Трубникова О.Б., Татарина Л. В. Исходы экстракорпорального оплодотворения как мультифакторная проблема клинической репродуктологии // Медицинский совет. 2015. № 9. С. 84–91.
4. Сысоева А.П., Макарова Н.П., Калинина Е.А., Скибина Ю.С., Занишевская А.А., Янчук Н.О., Грязнов А. Ю. Повышение эффективности вспомогательных репродуктивных технологий с помощью искусственного интеллекта и машинного обучения на эмбриологическом этапе// Акушерство и Гинекология. 2020. № 7. С. 28–36.

5. Гусев А.В., Морозов С.П., Кутичев В.А., Новицкий Р. Э. Нормативно-правовое регулирование программного обеспечения для здравоохранения, созданного с применением технологий искусственного интеллекта, в Российской Федерации // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2021. № 1. С. 36–45.

УДК 004.9

Реинжиниринг процесса информирования сотрудников машиностроительного предприятия

Лаврентьева Екатерина Александровна

магистрант Уфимского университета науки и технологий

***Аннотация:** Данная статья посвящена реинжинирингу бизнес-процесса управления рабочим временем, возникающей на предприятиях, имеющих отношение к машиностроению (относящихся к отрасли машиностроения). В работе продемонстрирована модель процесса, произведены расчеты временных затрат, а также представлено программное обеспечение по типу «Личный кабинет», описаны преимущества использования принципа «одного окна», показаны фрагменты экранных форм предлагаемого решения и обозначены преимущества использования информационных технологий в промышленности. Рассмотрен выпуск электронной подписи для сотрудников машиностроительного предприятия и интеграция данных.*

***Abstract:** This paper is devoted to the reengineering of the business process of working time management, which arises at the enterprises related to mechanical engineering (belonging to the mechanical engineering industry). The paper demonstrates the model of the process, calculations of time costs, and presents the software of the “Personal Account” type, describes the advantages of using the “one window” principle, shows fragments of screen forms of the proposed solution and indicates the advantages of using information technology in industry. The issue of electronic signature for employees of a machine-building enterprise and data integration are considered.*

***Ключевые слова:** информационная система, реинжиниринг, личный кабинет, информационная поддержка, машиностроение, мобильное приложение.*

***Keywords:** information system, reengineering, personal account, information support, mechanical engineering, mobile application.*

Постепенно в различные отрасли, в том числе в промышленность и в машиностроение, внедряют информационные технологии или дорабатывают уже используемые программы, что позволяет увеличить показатели результативности и эффективности, снизить временные и финансовые затраты предприятия, а также справиться с рядом других проблем, например: автоматизировать процессы, оптимизировать работу с данными, повысить конкурентоспособность, обеспечить безопасность данных и обеспечить интеграцию с другими системами предприятия.

Как правило на машиностроительных и производственных предприятиях количество сотрудников превышает десятки тысяч и ввиду такого большого количества руководители не в состоянии самостоятельно контролировать и вести надлежащий учет времени [1], в этом случае в каждом подразделении, отделе или в цехе имеется соответствующие организационные единицы — бюро труда и заработной платы, табельное бюро. Несмотря на популяризацию цифровизации документооборота [2] на предприятиях все еще существует и бумажные документы в довольно большом объеме, и на их оформление тратится много времени, поскольку для посещения соответствующих служб, которые зачастую находятся на большом расстоянии, сотруднику чтобы узнать информацию о себе, необходимо потратить много рабочего времени на задачи, которые не являются этапами его бизнес-процесса, что в свою очередь может повлиять на выполнение производственного плана, на наличие/количество выпускаемой бракованной продукции, что приведет к дополнительным финансовым затратам.

На текущий момент, чтобы оформить документ, например заявление на отгул сотрудник пишет бумажное заявление, предварительно узнав ранее отработанные часы в соответствующем подразделении, и физическим перемещением для подписания заявления и занесения информации в базу у него уходит от 15 минут до 1,5 часа.

Учитывая описание выше, длительность процесса и частоту обращения от 800 до 1200 (в зависимости от типа обращения и в какой временной период) в месяц суммарно затрачиваемое время равняется 1000 часам и рассчитывается по формуле 1:

$$T_{avg} = \frac{(n_{min} * t_{min} + n_{max} * t_{max})}{2 * 60}, \text{ где} \quad (1)$$

T_{avg} — среднее затрачиваемое время, час/месяц;

n_{min} — минимальная частота обращения;

t_{min} — минимальное затрачиваемое время, мин.;

n_{max} — максимальная частота обращения;

t_{max} — максимальное затрачиваемое время, мин.

Приведенный выше бизнес-процесс предлагается подвергнуть перепроектированию, путем внедрения мобильного приложения «Личный кабинет сотрудника» (далее — ЛК), что своего рода тоже будет относиться к методам и технологиям реинжиниринга, которые упоминаются в соответствующих трудах [3].

После внедрения ЛК процесс будет оформления документа будет протекать следующим образом (см. рисунок 1): рабочий заполняет период времени и дату, происходит автоматический подсчет и сверка отработанных часов для отгула путем интеграции [4] информационной системы табельного учета (далее — ИС ТУ) и ЛК. После отправки заявления оно придет с уведомлением по системе начальству для согласования (подписания УНЭП [5]), после этапа согласования количество часов для отгула у работника уменьшается в базе ИС ТУ. Работник получает уведомление о статусе его заявления. Фрагмент оформления заявления показан на рисунке 2.

После реинжиниринга процесс будет занимать 282 часа (рассчитывается по формуле 1), за счет того, что сотруднику больше не нужно будет отлучаться от рабочего места для выяснения нужной ему информации и подписания документа. ИС ЛК будет работать по принципу «одного окна» [6], что будет удобно для всех сотрудников предприятия по следующий причинам:

- Экономия времени: сотрудникам не нужно обращаться в разные отделы или подразделения для получения необходимой информации или документов. Все необходимые услуги доступны в одном месте, что ускоряет процесс выполнения задач и уменьшает вероятность ошибок.
- Удобство: принцип одного окна упрощает процесс взаимодействия сотрудников с предприятием. Вместо того чтобы обращаться в разные отделы, сотрудники могут получить все необходимые услуги в одном месте.

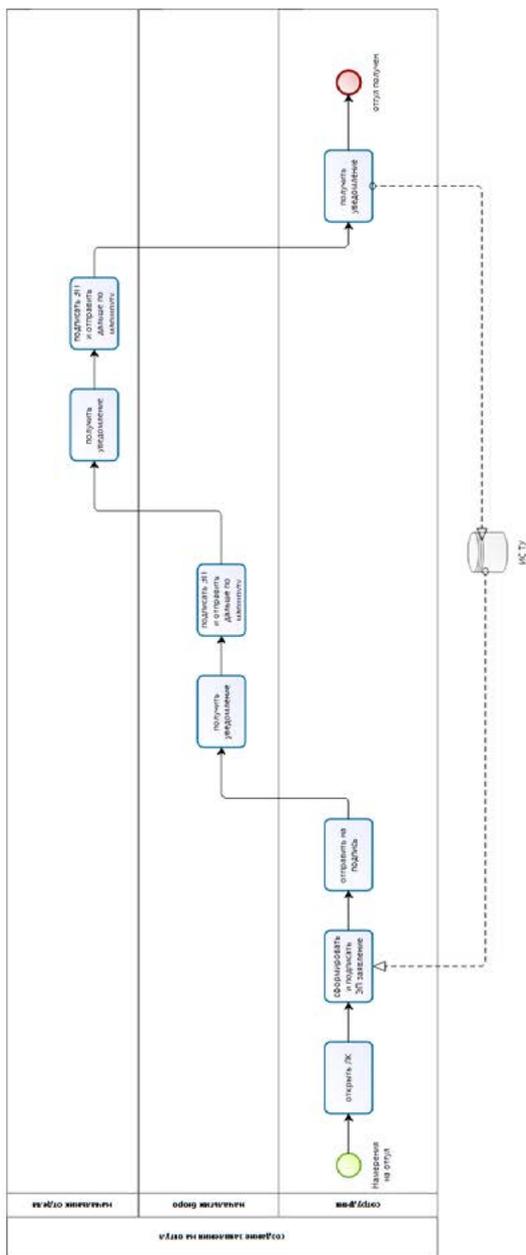


Рисунок 1. Модель процесса создания заявления

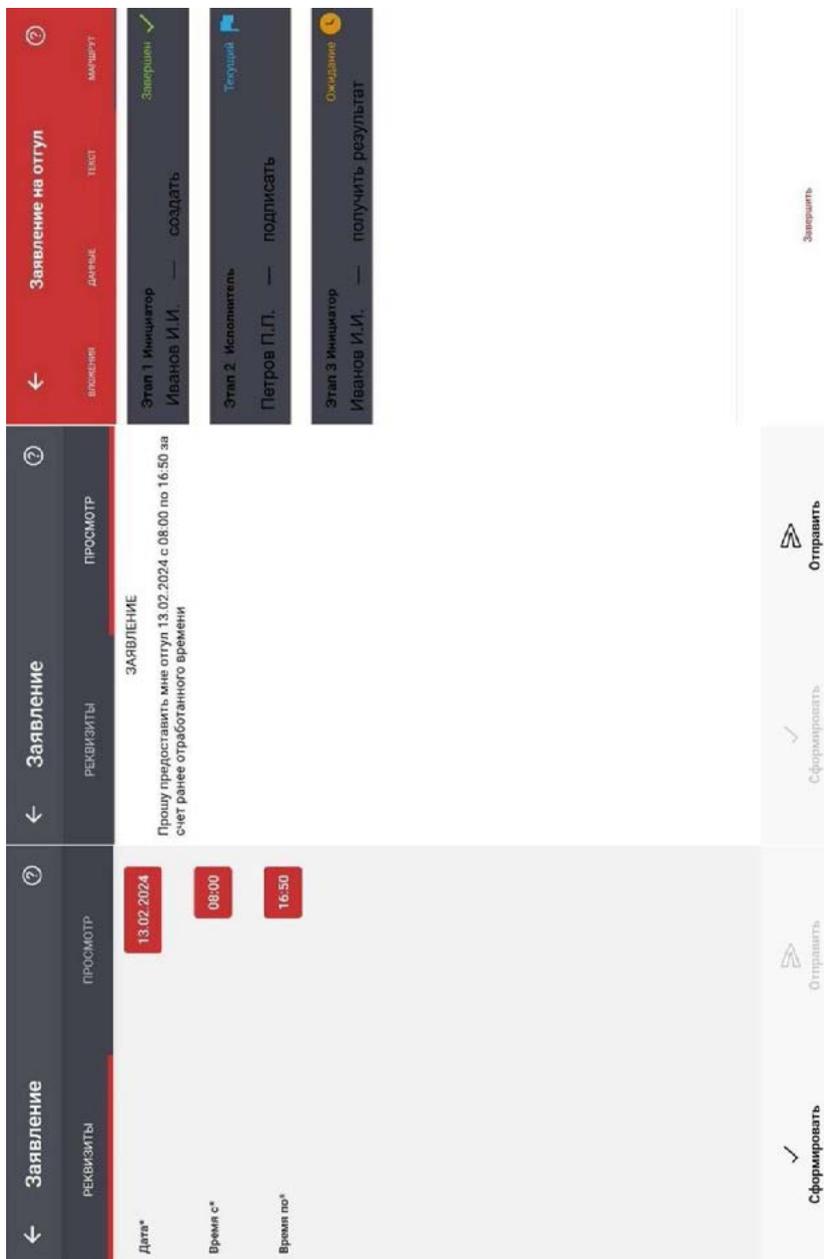


Рисунок 2. Фрагмент оформления заявления в приложении

- Повышение эффективности: использование принципа одного окна способствует повышению эффективности работы сотрудников. Это достигается за счет сокращения времени на поиск информации и документов, а также на взаимодействие с другими отделами.
- Улучшение коммуникации: принцип одного окна также способствует улучшению коммуникации между сотрудниками разных отделов. Это помогает избежать недопонимания и ошибок, связанных с передачей информации между разными подразделениями.

В целом, внедрение информационных технологий наподобие ИС «Личный кабинет сотрудника» помогает улучшить качество работы, повысить эффективность управления, повысить уровень удовлетворенности сотрудников, а также в свою очередь снизить временные и финансовые затраты предприятия, и повысить конкурентоспособность, что благоприятно сказывается на развитии предприятия.

Список литературы

1. Крупский В. И., Лихогляд А. Д. Режим и учёт рабочего времени // Вестник магистратуры. 2018. № 12–5. С. 76–77.
2. Сизова О. В., Махалкина Е. С. Повышение эффективности управления промышленным предприятием в условиях цифровизации российской экономики // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2021. № 1 (47). С. 140–151.
3. Ахтырченко К. В., Сорокваша Т. П. Методы и технологии реинжиниринга ИС // Труды Института системного программирования РАН. 2003. № 4. С. 141–162.
4. Дударев В. А., Темкин И. О., Корнюшко В. Ф. Анализ методов интеграции для разработки информационно-аналитических систем по свойствам неорганических соединений // Программные продукты и системы. 2020. № 2 (33). С. 283–296.
5. Лебедева Н. В. Электронная подпись: преимущества и недостатки // sci-article [Электронный ресурс] — URL: <https://sci-article.ru/stat.php?i=1557755489> (Дата обращения 04.02.2024).

6. Иванов В., Коробова А., Михальченков А. Взгляд через «одно окно»// Директор информационной службы [Электронный ресурс] — URL: <https://www.osp.ru/cio/2005/10/379633> (Дата обращения 07.02.2024).

УДК 004

Цифровая безопасность «умных городов»

Гоголин Александр Федорович

магистрант кафедры Информатики и информационных технологий Нижегородского института управления — филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

***Аннотация:** В статье анализируется цифровая безопасность «умных городов». Рассматриваются основные аспекты, которые должна охватывать система информационной безопасности «умного города». Приводятся типы кибератак, которым чаще всего подвергаются устройства и службы «умного города». Выявляются методы обнаружения и предотвращения вторжений, обуславливающие смягчение кибератак. Рассматривается архитектура с нулевым доверием, приводятся принципы разработки архитектуры «умного города».*

***Abstract:** The paper analyzes the digital security of smart cities. The main aspects that a smart city information security system should cover are discussed. The types of cyberattacks to which smart city devices and services are most often exposed are given. Intrusion detection and prevention techniques that mitigate cyberattacks are identified. Zero-trust architecture is discussed, and principles for developing a smart city architecture are provided.*

***Ключевые слова:** «умный город», кибератаки, кибербезопасность, система безопасности, уязвимости.*

***Keywords:** “smart city”, cyber-attacks, cybersecurity, security system, vulnerabilities.*

Под «умными городами» понимаются города, в которых цифровые технологии внедрены во все системы и функции для повышения качества жизни населения [1]. Основными ценностями «умных городов» являются чистые и здоровые условия жизни, поддержание работоспособности с обеспечением инфраструктуры для создания эффективных и качественных рабо-

чих мест, устойчивость развития и предоставление различных услуг без негативного воздействия на следующие поколения. Однако по мере развития «умных городов» увеличивается и число совершаемых на них кибератак [2]. Злоумышленники атакуют объекты критически важной инфраструктуры и промышленные системы управления, крадут личные данные граждан и создают угрозы манипуляции данными датчиков, что способно привести к широкой панике в обществе. Для снижения уязвимости «умного города» требуется усиление ее кибербезопасности.

Целью работы является изучение цифровой безопасности «умных городов». Для ее достижения были использованы аналитический, синтетический, индуктивный и дедуктивный методы обработки тематических исследований, научных публикаций и релевантных литературных источников.

Информационная безопасность «умного города» требует от разработчиков реализации стратегий высокого приоритета при обеспечении безопасности, сохранения приватности и доверия в интернете, а также принятия своевременных и адекватных мер для защиты устройств, узлов и пользователей [3]. Система кибербезопасности должна охватывать следующие аспекты:

- обнаружение и реагирование на кибератаки;
- предотвращение угроз информационной безопасности;
- разработка и поддержка надежных программных и аппаратных продуктов для государственных структур, бизнеса и граждан;
- поддержка операторов инфраструктуры и государственных учреждений;
- содействие развитию образования, в том числе дополнительного, в области цифровых технологий.

Ключевая идея концепции «умного города» заключается в подключении и управлении всеми объектами и службами города в единую интеллектуальную систему, которая позволяет преодолеть инфраструктурные несовершенства за счет оптимизации использования ресурсов [4]. Однако построение системы делает ее уязвимой для различных типов атак, в том числе:

1. DoS-атаки типа «отказ в обслуживании». Основаны на отправке многочисленных запросов, основанных на простых протоколах связи,

к устройствам IoT, что исчерпывает ресурсы последних и приводит к прекращению их работы.

2. Атака «черная дыра». При этом типе атак атакующий узел в сети манипулирует другими узлами для перенаправления пакетов данных через атакующего и их намеренного сброса, что приводит к потере сетевого подключения и невозможности получения другими устройствами сети важных для функционирования данных.

3. Атака с пассивным прослушиванием. Заключается в наблюдении за сетью для просмотра посылаемых устройствами сообщений и сбора информации.

4. Атаки-повторы. Заключаются в отправлении на устройства поддельных сообщений или многократном повторе одного сообщения, что приводит к перегрузке приемника, замедлению или сбою работы всей системы.

5. Атака Сибиллы. При ее осуществлении пораженный узел в системе использует идентификаторы нескольких узлов и действует от их имени, вследствие чего принимающие узлы получают ложную информацию.

Значительной проблемой кибербезопасности «умных городов» являются полиморфные атаки и угрозы, которые постоянно трансформируются для избежания обнаружения [5]. Для противодействия полиморфизму используются эвристический анализ на основе искусственного интеллекта и эмуляция.

Кибератаки на «умные города» происходят ежедневно, и предотвратить их все практически невозможно [6]. Поэтому разработчики системы кибербезопасности сосредотачивают внимание на первоначальных методах защиты, которые способствуют снижению последствий текущих и будущих атак. Смягчение последствий атак включает следующие методы обнаружения и предотвращения вторжений:

1. Контроль доступа. Для снижения вероятности несанкционированного доступа к сети необходимо заранее определить, какие файлы данных, ресурсы и компоненты будут доступны устройствам и пользователям, а также области, к которым неопределенные устройства или неуполномоченные пользователи не могут иметь доступ. В системе «умного города» могут использоваться управление доступом на основе ролей, мандатное или избирательное управление доступом.

2. Шифрование. Для шифрования данных, передаваемых между IoT-устройствами и системой управления, необходимо использовать надежные методы шифрования, выбор которых должен осуществляться с учетом степени секретности объекта.

3. Аутентификация устройств. Обеспечивает идентификацию устройств в сети и согласование задач, которые устройствам требуется выполнить. Аутентификация гарантирует, что IoT-устройства не выполняют несанкционированные команды.

4. Регулярные удаленные обновления системы кибербезопасности. Все IoT-устройства системы должны быть настроены на регулярное получение обновлений, что позволит оперативно решать проблемы, с которыми программы и операционные системы могут столкнуться из-за уязвимостей системы безопасности.

5. Физическая безопасность. Физический доступ посторонних лиц к IoT-устройствам может привести к компрометации хранящейся в них информации, поэтому элементы системы должны иметь интегрированные механизмы защиты от несанкционированного доступа. Одно из направлений обеспечения физической безопасности — своевременное обновление парка оборудования, позволяющее поддерживать работоспособность и защищенность всех узлов.

При выборе решений в рамках комплексной системы безопасности оптимально использование программ и приложений с открытыми протоколами [7]. Открытость позволяет создавать программы для небольших систем безопасности, в которых ключевое значение имеет простота. При необходимости эти программы могут быть адаптированы для более крупных и технически сложных систем. Подобная гибкость отличает современные средства обеспечения безопасности и гарантирует сохранение актуальности системы в условиях изменения условий внешней и внутренней среды.

Для повышения кибербезопасности в систему «умного города» может быть внедрена архитектура с нулевым доверием, которая постоянно оценивает риски на основе критериев идентификации и контекста [8]. Оценка риска осуществляется при каждом доступе к ресурсу, при этом ресурс получает минимально необходимую привилегию. Архитектура с нулевым

доверием предполагает, что система постоянно находится в зоне риска, вследствие чего включает строгие правила аутентификации и проверки всего сетевого трафика.

Для выбора прицельных методов обеспечения информационной безопасности разработчикам необходимо точно выявлять угрозы и уязвимости системы [9]. Для определения границ компонентов, ранжирования атак и лучшего понимания угроз разработки и эксплуатации устройств и приложений могут использоваться методы объектно-ориентированного проектирования, анализа иерархий и кластерного анализа при исследовании пространственно-временной модели угроз, технологии когнитивного моделирования, набор взвешенных критериев и графы. Также специалистам важно регулярно проводить пентесты — тесты на проникновение, позволяющие идентифицировать и устранить уязвимости и угрозы [10].

При разработке архитектуры «умного города» необходимо придерживаться следующих принципов [11]:

- приоритетность обеспечения безопасности критически важных активов;
- мониторинг поведения отдельных элементов «умного города»;
- автоматизированная замена поврежденных компонентов.

Цели кибербезопасности «умного города» — целостность, конфиденциальность, доступность, отказоустойчивость и безопасность — должны базироваться на применении традиционных и операционных информационно-коммуникационных технологий, комплексное использование которых позволит поддерживать более устойчивую и безопасную городскую среду.

С увеличением числа подключенных устройств и скорости обмена данными в «умных городах» возникают новые угрозы в области кибербезопасности: под угрозой оказываются личные данные граждан, объекты инфраструктуры и общественный порядок. Особое внимание следует уделить системам, использующим алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, что делает возможным предсказательный анализ и прогнозирование различных сценариев развития городских ситуаций. Для обеспечения информационной безопасности «умного города» требуется разработка надежных механизмов защиты, включающих шифро-

вание данных, аутентификацию устройств, мониторинг сетевой инфраструктуры и детекцию аномального поведения.

Список литературы

1. Основы цифровой экономики: учебник и практикум для вузов / М. Н. Конягина [и др.]; отв. ред. М. Н. Конягина. — М.: Изд-во Юрайт, 2023. — 235 с.
2. Карагулян Е. А. Смарт-сити — благополучие для всех? / Е. А. Карагулян, О. В. Захарова, М. В. Батырева, Д. Л. Дюссо // Журнал экономической теории. — 2020. — Т. 17, № 3. — С. 657–678. — DOI: 10.31063/2073–6517/2020.17–3.11
3. Попов Е. В. Умные города: монография / Е. В. Попов, К. А. Семячков. — М.: Изд-во Юрайт, 2023. — 346 с.
4. Гашимов М. А. Вопросы кибербезопасности сервисов «умный город» // Облачные и распределенные вычислительные системы в электронном управлении ОРВСЭУ — 2022 в рамках национального суперкомпьютерного форума: сборник трудов 3-й международной научно-технической конференции. — Переславль-Залесский, 2022. — С. 176–181.
5. Артамонов В.А., Артамонова Е. В. Кибербезопасность в условиях цифровой трансформации социума // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник. — М., 2022. — С. 777–784.
6. Панин Д.Н., Бобков Е.О., Балашова Е. А. Анализ кибератак на критическую информационную инфраструктуру с IoT-технологиями // Автономия личности.— 2020.— № 2 (22). — С. 55–64.
7. Цифровизация и кибербезопасность систем контроля физического доступа: технический обзор. — Axis Communications, 2021. — 18 с.
8. Соломинский А. В. Актуальные тенденции на рынке информационной безопасности / А. В. Соломинский, В. А. Железин, А. Д. Миргородский, С. В. Краснобаев, Н. М. Колотилина // Вестник науки и образования.— 2023.— № 8 (139). — С. 22–27.
9. Грызунов В.В., Гришечко А.А., Сипович Д. Е. Выбор наиболее опасных уязвимостей для перспективных информационных систем кри-

- тического применения // Вопросы кибербезопасности.— 2022.— № 1 (47). — С. 66–75. — DOI: 10.21681/2311–3456–2022–1–66–75
10. Умная безопасность [Электронный ресурс] // Умный город. — URL: <https://dsc.tj.ru/umnaya-bezopasnost/> (дата обращения: 28.01.2024).
11. Головенчик Г., Краско Г., Головенчик М. Проблемы кибербезопасности умных городов // Наука и инновации.— 2020.— № 12 (214). — С. 51–57.

УДК 004.89

Анализ признаков, влияющих на популярность видео на Youtube

Рубин Иван Максимович

магистрант Национального исследовательского университета ИТМО

***Аннотация:** В статье исследуется вопрос прогнозирования популярности видеоконтента на платформе YouTube, которая является неотъемлемой частью современной цифровой культуры. Работа начинается с обзора ключевых научных статей, посвященных этой проблематике, и выявления основных подходов и методов, предложенных в них. Затем представлена собственная методика оценки популярности видео, а также проанализировано влияние различных факторов на её уровень. Используя выгруженные данные из YouTube Data API v3 и обработку с помощью PySpark, было проведено исследование, включающее в себя анализ влияния дня недели и времени публикации, а также оценку популярности видео в зависимости от его категории и продолжительности. Дополнительно рассматривались различные признаки, такие как разрешение видео, наличие тегов и описания, которые могут влиять на его успешность. В конечном итоге, проведен анализ признаков, влияющих на популярность видео, с применением моделей машинного обучения, включая линейную регрессию и GBТ. Полученные результаты позволили выявить наиболее значимые факторы для прогнозирования популярности видео на YouTube.*

***Abstract:** The paper explores the issue of predicting the popularity of video content on the YouTube platform, which is an integral part of today's digital culture. The paper begins with a review of key research articles devoted to this issue and identifies the main approaches and methods proposed in them. Then, our own methodology for estimating video popularity is presented, and the influence of various factors on its level is analyzed. A study was conducted using the uploaded data from YouTube Data API v3 and processing with PySpark, that included analyzing the influence of day of the week and time of publication, as well as estimating the popularity of*

a video depending on its category and duration. Additionally, various attributes such as video resolution, presence of tags and description which may influence its success were considered. Finally, the attributes affecting video popularity were analyzed using machine learning models including linear regression and GBT. The results identified the most significant factors for predicting the popularity of a video on YouTube.

Ключевые слова: анализ данных, машинное обучение, Youtube, аналитика социальных медиа.

Keywords: data analysis, machine learning, Youtube, social media analytics.

Введение

В наше время онлайн-платформы для обмена видеоконтентом, такие как YouTube, становятся неотъемлемой частью нашей цифровой культуры. Феноменальные успехи видео, набирающих миллионы просмотров в течение короткого времени, привлекают внимание исследователей, аналитиков и маркетологов. Предсказание популярности видео на YouTube становится важной задачей для создателей контента, рекламодателей и аналитиков социальных медиа.

Сперва рассмотрим несколько ключевых работ, посвященных предсказанию популярности видео на YouTube, и выделим основные подходы и методики, предложенные в них. Для начала, работа «Predicting Popularity of Online Videos Using Support Vector Regression» [1] предлагает метод регрессии на основе метода опорных векторов для предсказания популярности онлайн-видео. Затем, «Will This Video Go Viral? Explaining and Predicting the Popularity of Youtube Videos» [2] обсуждает практический инструмент HIP-ie для анализа и прогнозирования популярности видео на YouTube. Статья «YouTube Videos Prediction: Will this video be popular?» [3] предлагает методику для классификации видео на основе различных признаков. «LARM: A Lifetime Aware Regression Model for Predicting YouTube Video Popularity» [4] представляет модель LARM для предсказания популярности видео на YouTube с учетом времени жизни контента. В «Video Popularity Prediction by Sentiment Propagation via Implicit Network» [5] предлагается модель DSHP для предсказания популярности видео на основе анализа настроений пользователей. «Characterizing Feature Influence and Predicting Video Popularity on

YouTube» [6] представляет метод прогнозирования популярности онлайн-видео на основе различных признаков и методов классификации и регрессии. И, наконец, «A Peek Into the Future: Predicting the Popularity of Online Videos» [7] рассматривает предсказание популярности онлайн-видео как важную задачу для различных аспектов обслуживания, рекламы и управления сетью. Эти работы представляют разнообразные подходы к предсказанию популярности видео на YouTube и предлагают ценные инструменты для анализа и оптимизации контента на этой платформе.

В данной же статье предложена своя метрика оценки популярности видео, а также изучено влияние различных факторов на эту популярность, в том числе с помощью машинного обучения.

Выгрузка данных

Выгрузка данных производилась с помощью youtube data api v3 по определенному алгоритму. Сначала был сформирован список популярных запросов, такие как «Хобби», «Новости», «Игры» и т. д. По каждому запросу формировался список каналов, и с каждого канала из списка скачивалась информация обо всех видео.

Данные об 1 видео содержат информацию: о названии, описании, времени и дате публикации, категории, длительности, разрешении, количестве комментариев, тегах, лайках и просмотрах. Итоговые данные содержали информацию о 5489 каналах, 3977563 видео и весели 7,5 ГБ. Обработка данных проводилась с помощью PySpark.

Оценка популярности в зависимости от признаков

В качестве критерия оценки выбрана популярность «popularity» содержащая сумму масштабированных значений просмотров, лайков и комментариев для каждого видео.

Сперва была проанализирована популярность в зависимости от дня недели, в который видео было выложено (рисунок 1). Было определено, что видео, выложенные в понедельник и воскресенье, имеют повышенное значение популярности.

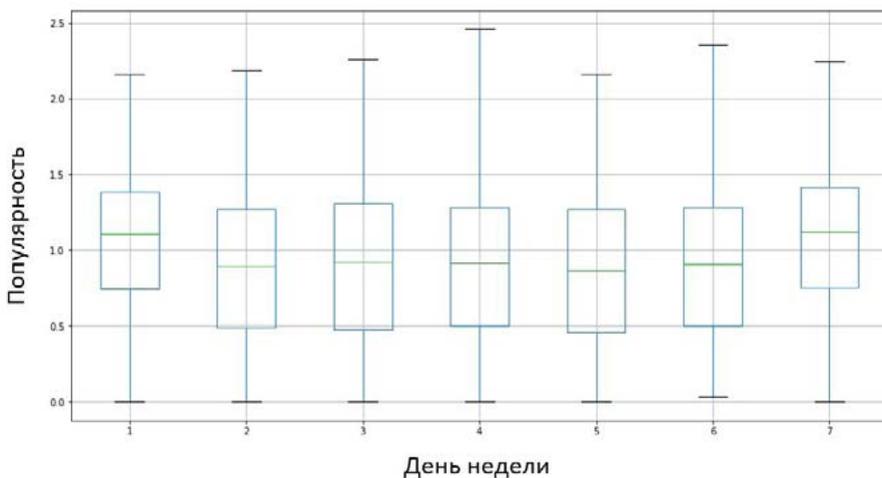


Рисунок 1. Популярность видео в зависимости от дня недели

Также влияет на популярность время, в которое видео было опубликовано (рисунок 2). Время с 8 до 18 является наиболее удачным.

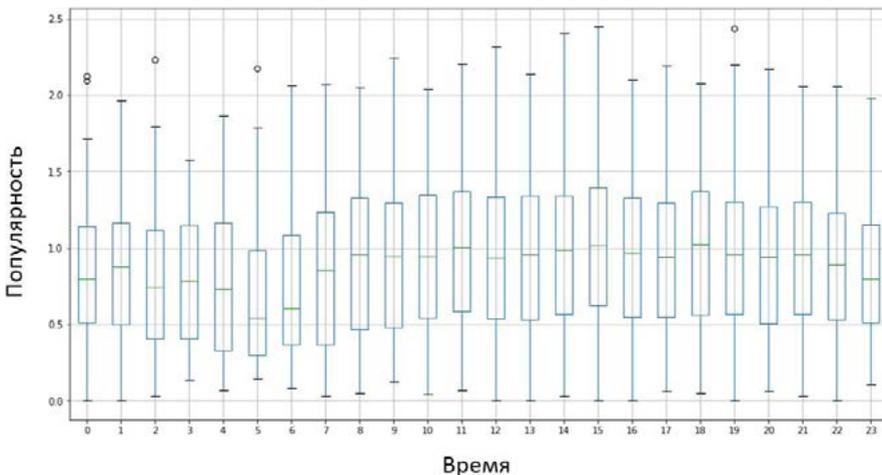


Рисунок 2. Популярность видео в зависимости от времени

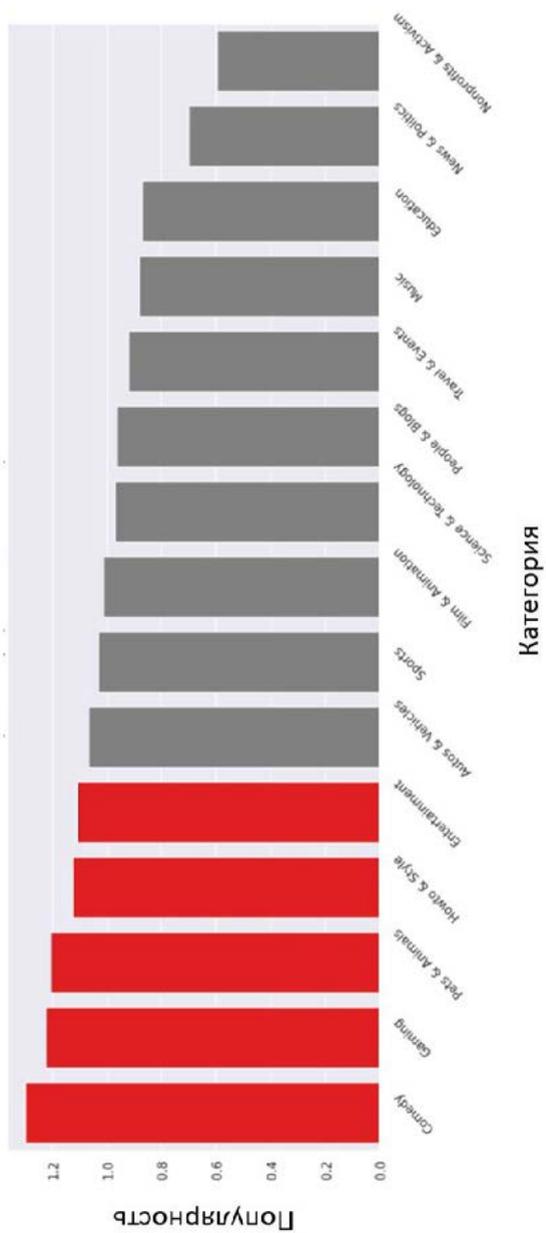


Рисунок 3. Популярность видео в зависимости от темы

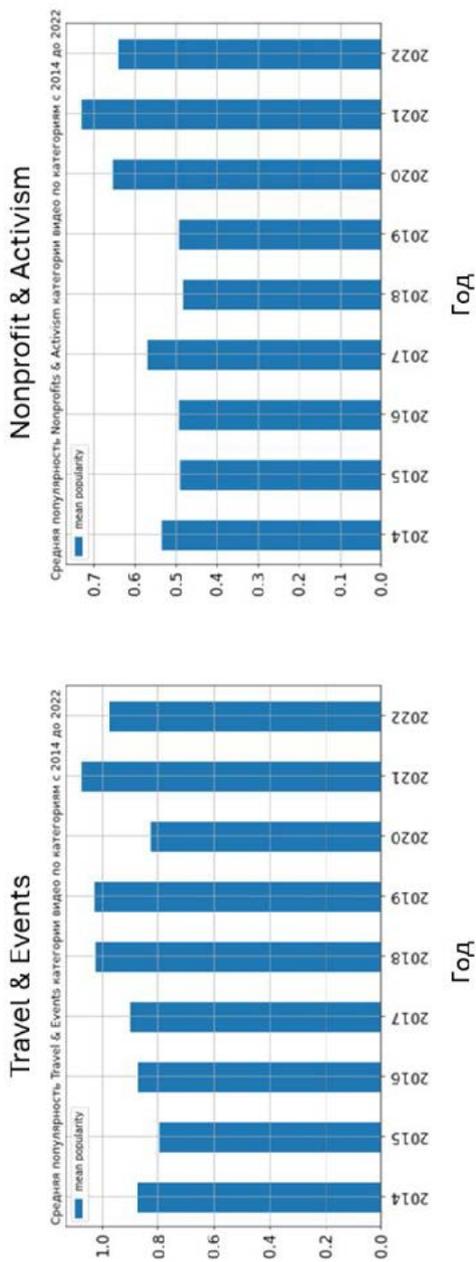


Рисунок 4. Популярность тем Travel & Events и Nonprofit & Activism в зависимости от года публикации

Наиболее популярными оказались следующие темы: Comedy, Gaming, Pets & Animals, Howto & Style, Entertainment (рисунок 3).

Также было выявлены резкие изменения в некоторых темах. В 2020 году снизилась популярность видео на тему Travel & Events и возросла популярность видео Nonprofit & Activism (рисунок 4). Это можно связать с пандемией covid19. А в 2022 популярной стала тема News & Politics (рисунок 5).

Продолжительность видео также имеет свое значение (рисунок 6).

Далее будет рассмотрен некоторый ряд дополнительных признаков, которые могут влиять на популярность видео, который включает в себя: разрешение видео (hd, sd) (рисунок 7), наличие тегов (рисунок 8), наличие заглавных букв в названии (рисунок 9), наличие знака вопроса или восклицательного знака в названии (рисунок 10), наличие смайлов в названии (рисунок 11), наличие описания (рисунок 12), наличие хештегов в описании (рисунок 13), наличие ссылок в описании (рисунок 14).

Однако наибольшее значение на популярность оказывает средняя популярность видео на канале за последний месяц (рисунок 15).

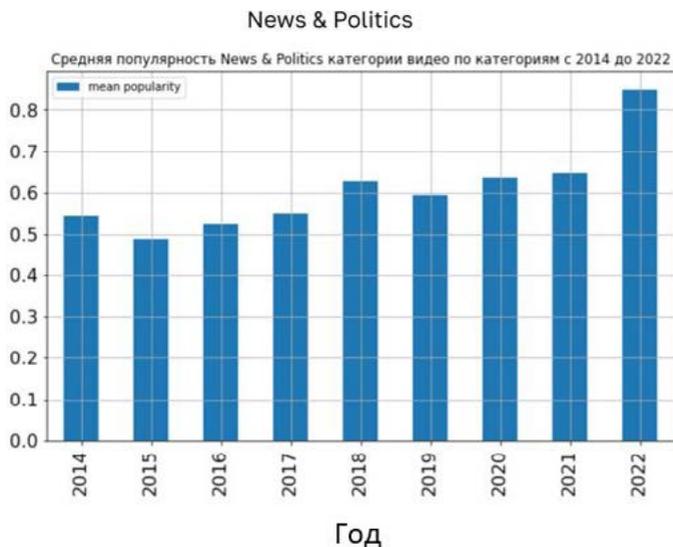


Рисунок 5. Популярность темы News & Politics в зависимости от года публикации

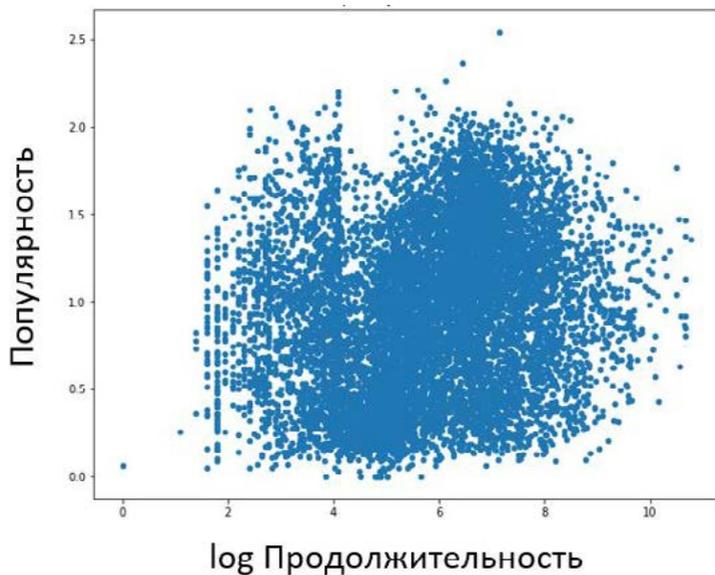


Рисунок 6. Популярность видео в зависимости от масштабированных значений длительности

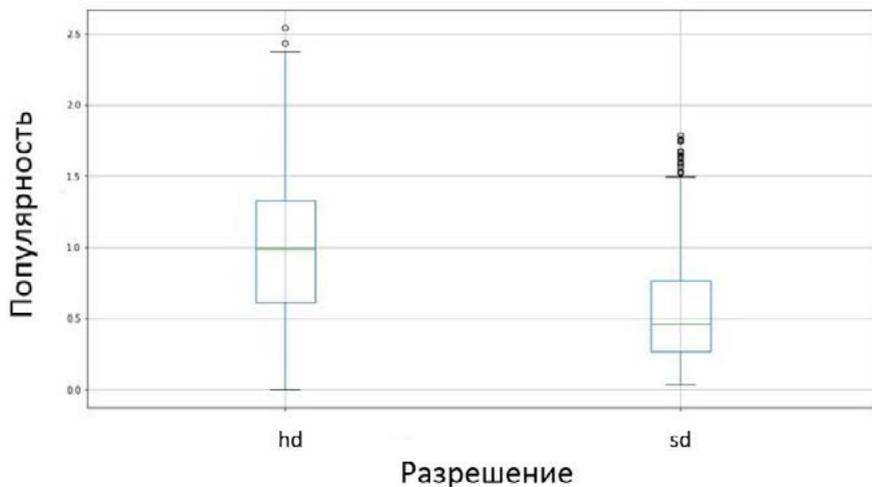


Рисунок 7. Популярность видео в зависимости от разрешения

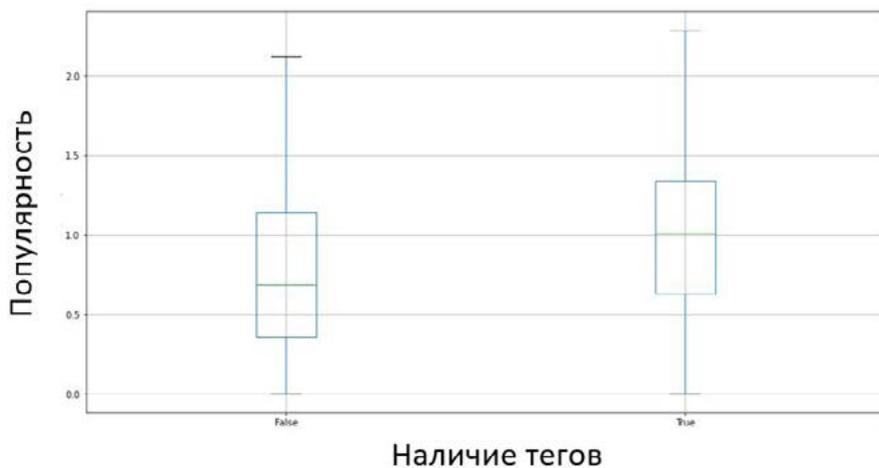


Рисунок 8. Популярность видео в зависимости от наличия тегов

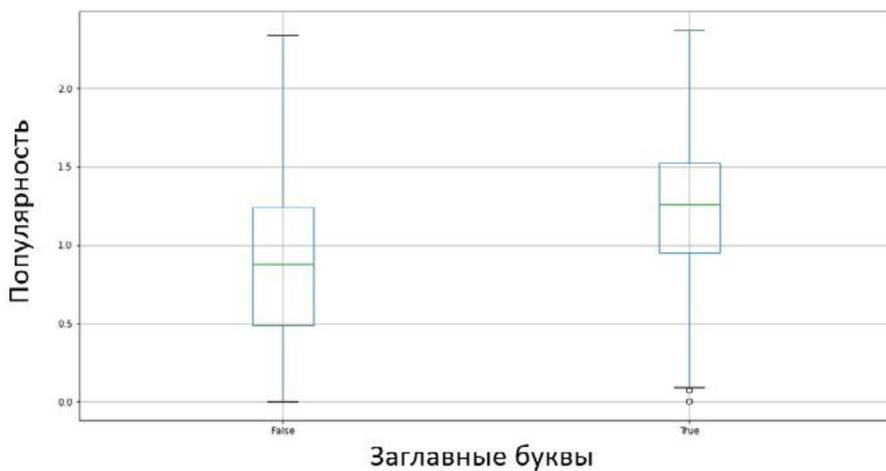


Рисунок 9. Популярность видео в зависимости от наличия заглавных букв в названии

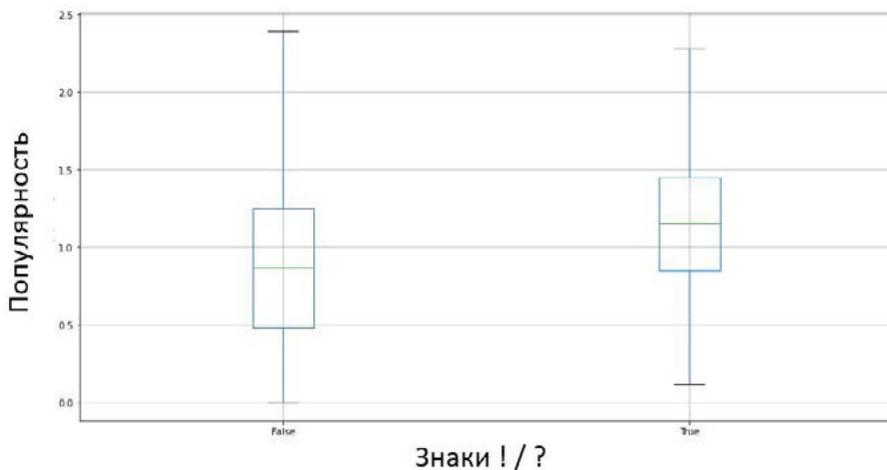


Рисунок 10. Популярность видео в зависимости от наличия знака вопроса или восклицательного знака в названии

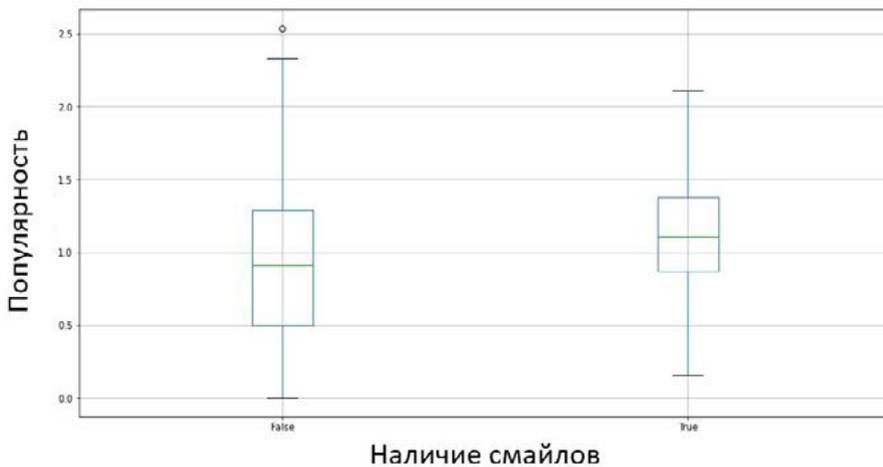


Рисунок 11. Популярность видео в зависимости от наличия смайлов в названии

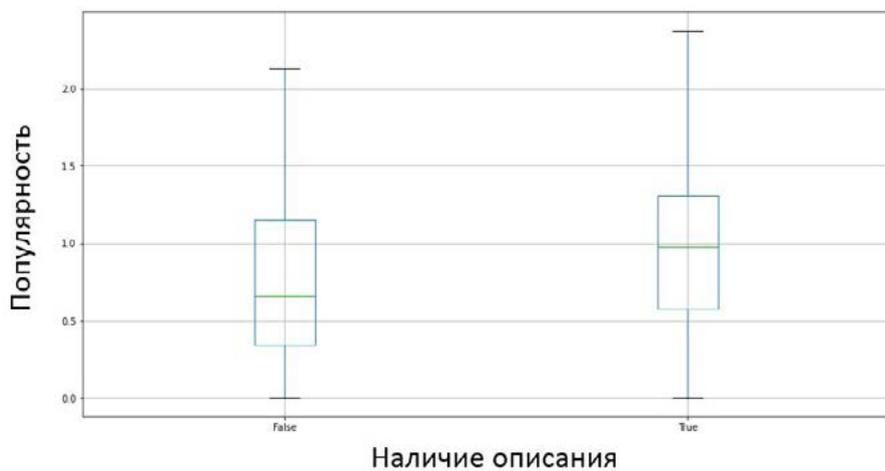


Рисунок 12. Популярность видео в зависимости от наличия описания

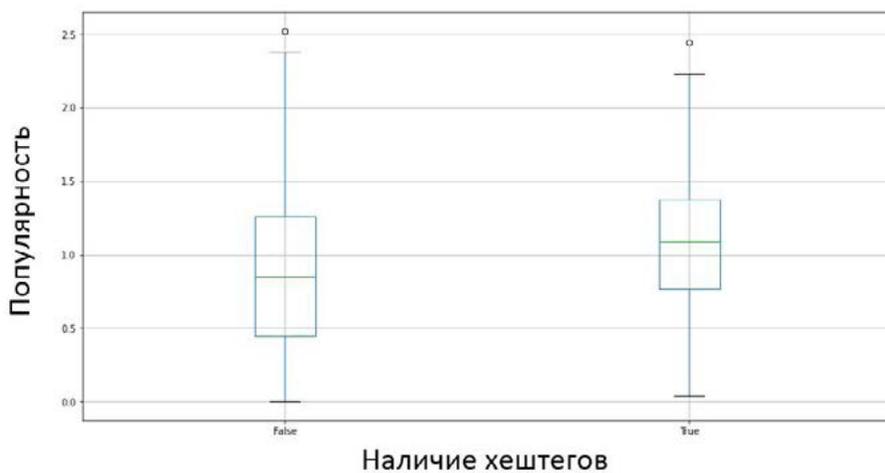


Рисунок 13. Популярность видео в зависимости от наличия хештегов в описании

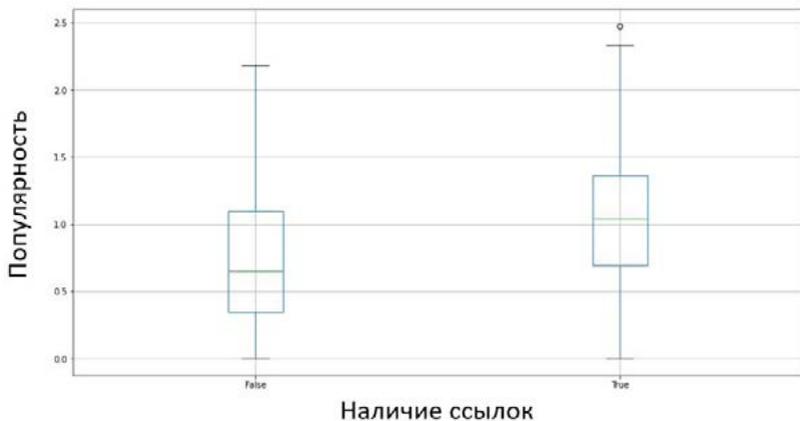


Рисунок 14. Популярность видео в зависимости от наличия ссылок в описании

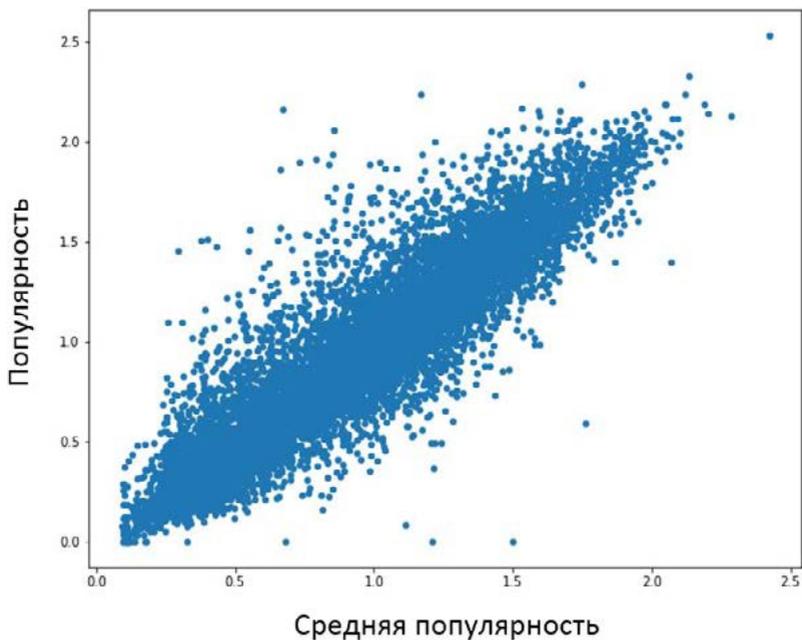


Рисунок 15. Популярность видео в зависимости от средней популярности видео за последний месяц на канале

По итогу видео, которое будет иметь больше шансов на успех, должно быть на одну из популярных тем, иметь достаточную длительность, качество видео должно быть высоким. При опубликовании необходимо заполнить теги, добавить описанию со ссылками и хештегами, а в названии использовать заглавные буквы, смайлы, восклицательные знаки и знаки вопроса. Лучшим временем для публикации будет с 8 до 18 в понедельник или воскресенье. Также желательно, чтобы канал уже имел положительный опыт ранее и видео на нем были относительно успешными.

Прогнозирование популярности видео с помощью машинного обучения

Для прогнозирования популярности в рамках PySpark использовались следующие модели машинного обучения: линейная регрессия и GBT. Метрики качества используемых алгоритмов представлены в таблице 1. GBT в данном случае показывает лучший результат.

Таблица 1. Метрики качества используемых алгоритмов

Модель	RMSE	R2
Линейная регрессия	0.188958	0.834815
GBT	0.179347	0.851191

Также была проанализирована важность признаков с помощью машинного обучения (рисунок 16). Наиболее важным признаком, как и ожидалось, является средняя популярность канала за последний месяц.

Заключение

Анализ признаков, влияющих на популярность видео на YouTube, является сложной задачей, так как на успех видео влияет множество факторов. Однако, изучив различные аспекты, такие как тематика видео, качество контента, время публикации, количество просмотров, лайков, комментариев и другие параметры, можно выделить некоторые закономерности и определить, какие признаки наиболее сильно влияют на популярность

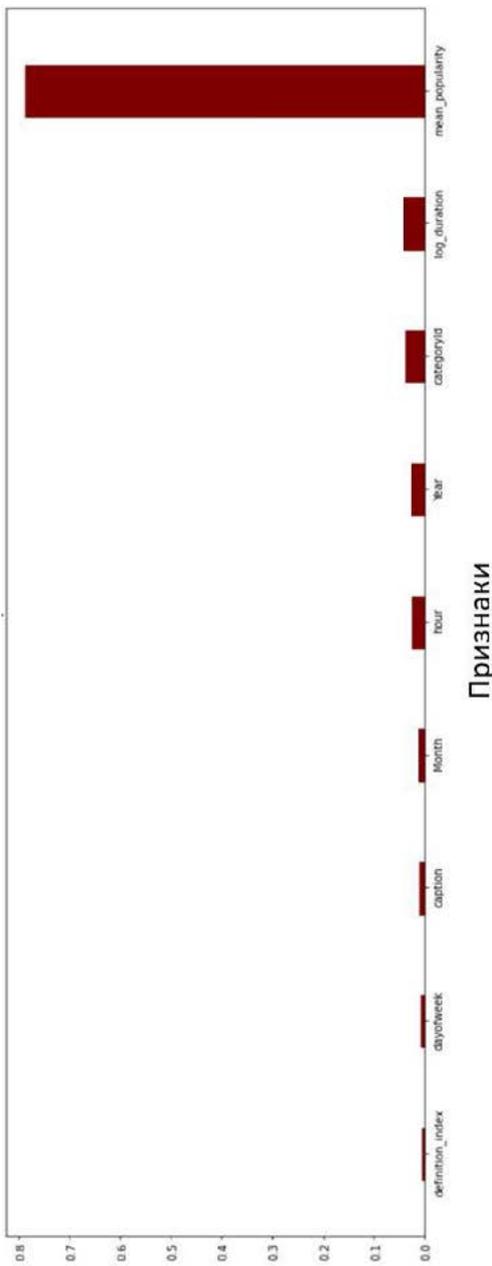


Рисунок 16. Важность признаков

видео. Это поможет создателям контента оптимизировать свои стратегии продвижения и улучшить показатели своих видео на платформе.

Список литературы

1. Trzcinski, Tomasz и Przemyslaw Rokita. «Предсказание популярности онлайн-видео с использованием метода SVR». // IEEE Transactions on Multimedia, том 19, выпуск 11, ноябрь 2017, стр. 2561–2570. DOI: 10.1109/TMM.2017.2695439.
2. Kong, Quyu, Marian-Andrei Rizoiu, Siqi Wu и Lexing Xie. «Будет ли это видео вирусным? Объяснение и прогнозирование популярности видео на YouTube». // WWW '18: Сопутствующие материалы конференции The Web Conference 2018, апрель 2018, стр. 175–178. DOI: 10.1145/3184558.3186972.
3. Li, Yuping, Kent Eng, и Liqian Zhang. “Прогнозирование популярности видео на YouTube: будет ли это видео популярным?” // Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, Stanford, CA 94305.
4. Ma, Changsha, Zhisheng Yan и Chang Wen Chen. «LARM: Модель регрессии, учитывающая время жизни, для прогнозирования популярности видео на YouTube». // CIKM '17: Proceedings конференции по информационному и управленческому менеджменту ACM, ноябрь 2017, стр. 467–476. DOI: 10.1145/3132847.3132997.
5. Ding, Wanying, Yue Shang, Lifan Guo, Xiaohua Hu, Rui Yan и Tingting He. «Прогнозирование популярности видео на основе распространения настроения через неявную сеть». // CIKM '15: Proceedings 24-й международной конференции ACM по информационному и управленческому менеджменту, октябрь 2015, стр. 1621–1630. DOI: 10.1145/2806416.2806505.
6. Абдихаким, А. Characterizing Feature Influence and Predicting Video Popularity on YouTube // Diva-portal.org. 2021. [Онлайн]. Доступно: [https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1603397/FULLTEXT01.pdf].
7. Ouyang, Shuxin, Chenyu Li и Xueming Li. «Взгляд в будущее: прогнозирование популярности онлайн-видео». // IEEE Access, том 4, июнь 2016, стр. 3026–3033. DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2580911.

УДК 681.5

Анализ подходов к автоматизации технологических процессов работы теплиц

Комарова Юлия Олеговна

студент магистратуры направления «Информатика и вычислительная техника»
факультета Политических и социальных технологий
Российского государственного социального института

***Аннотация:** Данная научная статья представляет анализ различных подходов к автоматизации технологических процессов работы теплиц. Теплицы являются важным элементом в сельском хозяйстве, обеспечивая население качественными и экологически чистыми овощами и цветами. Однако, для эффективного и экономичного производства требуется внедрение автоматизированных систем.*

***Abstract:** This research paper presents the analysis of different approaches to automation of technological processes of greenhouses operation. Greenhouses are an important element in agriculture, providing the population with high-quality and environmentally friendly vegetables and flowers. However, the implementation of automated systems is required for efficient production.*

***Ключевые слова:** автоматизация работы специальных помещений, теплицы, анализ подходов автоматизации*

***Keywords:** automation of special premises, greenhouses, analysis of automation approaches*

Функции и состав автоматизированной системы управления технологическими процессами теплицы

Микроконтроллерная система контроля климатических условий теплицы ставит целью своей работы выполнение автоматического управления параметрами микроклимата во всем объеме рассматриваемого помещения. Принцип рассматриваемой системы строится на оценке показателей датчиков, определяющих такие параметры микроклимата как температура и влажность воздуха, уровень углекислого газа, освещенность, влажность почвы и т.д., и формировании на основе этих данных команд для работы соответствующих исполнительных устройств, которые и позволяют формировать в теплице требуемый микроклимат. [1]

Автоматизированная система контроля микроклимата в теплице предназначена для автоматического регулирования параметров среды в помещении. Она основана на оценке данных датчиков, таких как температура, влажность воздуха, уровень углекислого газа, освещенность, влажность почвы и т.д. Используя эти данные, система формирует команды для исполнительных устройств, обеспечивающих нужный климат. Автоматизация тепличных процессов позволяет обеспечивать оптимальные условия для роста растений, круглосуточно контролировать и регулировать параметры и вносить изменения в них удаленно. Главная цель внедрения такой системы — обеспечение успешного растениеводства и экономической эффективности выращивания тепличных культур.

Особенности системы управления технологическими процессами автоматизации теплицы:

- автоматический контроль температуры;
- поддержание оптимальных заданных параметров микроклимата;
- отображение технической информации на экране;
- мониторинг и диагностика состояния электрооборудования;
- регулировка параметров технологического процесса.

Автоматизация систем управления технологическими процессами в теплице позволяет поддерживать оптимальные условия роста и развития растений. Это обеспечивает эффективное использование ресурсов и снижение затрат. Автоматическая система кондиционирования теплицы контролирует температуру и влажность, а также диагностирует состояние оборудования, что способствует экономии ресурсов. Внедрение такой автоматизированной системы является эффективным решением для сельскохозяйственных предприятий, обеспечивая оптимальные условия для роста и развития растений.

Анализ недостатков существующих систем контроля

Реализация необходимых функций системы управления требует эффективного взаимодействия следующих составных частей данной системы управления:

- технического обеспечения (ТО);

- программного обеспечения (ПО);
- информационного обеспечения (ИО);
- организационного обеспечения (ОО);
- оперативного персонала (ОП).

Под техническим обеспечением следует понимать совокупность любых технических устройств, которые используются для обеспечения функционирования системы управления и выполнения всех заданных функций.

В том числе, как правило, принято выделять в составе технических средств измерительные преобразователи (извещатели), предназначенные для получения исходных данных о параметрах протекания технологического процесса, а также вычислительные устройства и устройства управления.

Программное обеспечение представляет собой и как программу управления работой непосредственно контроллера системы управления, так и ПО, находящееся на АРМ оператора, в случае если подобное предусмотрено, и реализующее функции мониторинга, фиксации данных и их накопления, и передачи.

Далее рассмотрим особенности реализации и возможные недостатки подобных систем и подсистем управления микроклиматом.

Отопительные системы

Любая теплица имеет собственную систему отопления. Температура воздуха в теплице регулируется различными методами, которые имеют как свои достоинства, так и недостатки.

Существуют различные системные методы отопления помещений теплицы:

- система газового отопления
- система горячего водоснабжения;
- электронагревательное оборудование

Инфракрасная система обогрева

Самой перспективной, экономичной и безопасной системой отопления на сегодняшний день является система инфракрасного отопления.

Основным преимуществом этой системы является то, что она является источником естественного тепла, подобно солнцу. Это солнечное инфракрасное излучение, которое передается нам самим солнцем. Инфракрасные обогреватели также не передают излучаемую ими тепловую энергию в воздух. (на нагрев воздушных масс расходуется порядка 10–15% генерируемого тепла), но для объектов

Таблица 1. Достоинства инфракрасного способа обогрева

№	Параметр
1	обеспечивает равномерный обогрев теплицы по всей площади;
2	не пересушивает воздух в теплице и способствует поддержанию постоянного уровня влажности;
3	отдает тепло медленно и экономно по принципу «снизу вверх», чтобы максимально продлить время «эффективного» использования тепла перед тем, как оно через стекло выйдет наружу;
4	подавляет рост болезнетворных бактерий и вирусов, способных нарушить рост растений или уничтожить их;
5	экономически выгоден, как в плане первоначальных вложений на стадии монтажа, так и на в процессе эксплуатации. КПД инфракрасной пленки составляет 95%. Это означает, что вся затрачиваемая электрическая энергия практически без потерь переходит в тепловую, т.е. каждая вложенная копейка работает на вас;
6	исключает возможность быстрого выхода из строя по причине внешних факторов и не требовать дорогостоящего ремонта;
7	обладает функцией автоматизированного контроля (при использовании терморегулятора) и удобен в управлении;
8	благоприятно влияет и способствует росту растений.

С инфракрасным обогревом теплица позволяет продлить сезон на 3–4 месяца или работать круглый год. Инфракрасная теплица защищает растения от непогоды и создает оптимальный микроклимат, ранний рост и рост растений. Повышение производительности в рискованном сельском хозяйстве. Это в нашем регионе, потому что ранней весной температура воздуха может существенно меняться.

Системы увлажнения

В помещении часто необходимо контролировать влажность воздуха. Один из распространенных способов это сделать — использование процесса холодного испарения увлажняющей жидкости. Увлажненный воз-

дух затем поступает в зоны с низкой влажностью с помощью вентилятора. Эта технология широко используется в тепличном хозяйстве, оранжереях и аквариумистике. Она не только способствует здоровому росту растений, но также может помочь предотвратить заболевания и снижение температуры воздуха в теплицах.

Система вентиляции

Несмотря на то, что растения производят кислород и очищают воздух от углекислого газа, они требуют определенных условий для роста. Для поддержания правильного состава воздуха используется система вентиляции, которая также помогает контролировать температуру и влажность воздуха в теплице.

Циркуляционный вентилятор устанавливают внутри помещения теплицы. Он приводит в движение воздух в теплице, помогая равномерно распределять тепло и влагу, что улучшает условия роста растений. Некоторые модели электрических нагревателей для теплиц могут работать в режиме циркуляционного вентилятора, тем самым обеспечивая циркуляцию воздушных масс, не повышая их температуру. [3]

Освещение

Очевидно, что основополагающей характеристикой любой теплицы, напрямую оказывающей влияние на рост и размножение растений, является система освещения, ее тип, мощность, а также параметры источников света.

Рассмотрим подробнее лампы для теплиц. Сведем технические параметры ламп в таблице 2

Как известно, уровень освещенности напрямую влияет на эффективность протекания реакций фотосинтеза у растений, скорость их роста. Потребность в освещении у разных культур различна, а зависит она от сорта, периода вегетации, фазы развития растений. [1]

Как можно видеть, одним из наиболее технологичных является светодиодное освещение.

Высокоэффективные и энергосберегающие светодиодные лампочки делают его лучшим светом на сегодняшний день.

Таблица 2. Сравнительная таблица разных типов ламп

Вид лампы	ЛН лампа накаливания	ДРЛ	Люминисцентная	ДРИ	ДНАТ низкого давления	ДНАТ высокого давления	Светодиодная	Индукционная
Светоотдача, Лм/Вт	10-20	30-60	45-80	80 -110	75 – 100	85 – 120	85 – 120	85 – 120
Период эксплуатации, час	1000 – 5000	6000	5000-12000	8000 – 10000	10 000 – 15 000	10 000 – 30 000	25 000 – 80 000	60000-120000
Возможность плавной регулировки мощности	да	нет	нет	нет	нет	нет	да	да
Зажигание, перезажигание	быстро	длительное	длительное	длительное	длительное	длительное	быстрое	быстрое
Пусковые токи	нет	да	Да	да	да	да	нет	нет
Наличие ртути	нет	да	да	да	да	да	нет	нет
Снижение светового потока через 2000 часов, %	-	< 45	15-40	< 40	< 30	< 30	5...40	5...40
Температура лампы, °С	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	80...110	<80
Мерцания	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Возможны	Нет

Список литературы

1. ATMEL 164 — разрядный AVR — микроконтроллер ATmega 164[Электронный ресурс]. — datasheet. — atmel, june 2005. — Режим доступа: <http://atmel.ru>. (дата обращения 4.08.2020).

2. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С., Михайлов В.А., Нимич Г.В. // Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. ISBN 966–8571–15–0. — К.: ТОВ Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. — Сс. 521–527.
3. Datasheet MAX485. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/1111.pdf>. Электронный ресурс. Дата обращения 5.03.2020 г.

УДК 338.38

Развитие информационных технологий в туризме республики Саха (Якутия)

Петрова Сардана Спартаковна

студент кафедры Социально-культурного сервиса и туризма
Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова

Винокурова Марфа Александровна

старший преподаватель кафедры социально-культурного сервиса и туризма
Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова

***Аннотация:** Данная статья посвящена роли информационных технологий в развитии туризма в Республике Саха (Якутия). Исследуется влияние цифровых решений на клиентский опыт, управление туристическим бизнесом и текущие тенденции развития в Якутии. Статья рассматривает применение мобильных приложений, веб — сайтов и других информационных технологий, для улучшения обслуживания и взаимодействия с туристами в Республике Саха (Якутия).*

***Abstract:** This article is devoted to the role of information technology in the development of tourism in the Republic of Sakha (Yakutia). It explores the impact of digital solutions on customer experience, tourism business management and current development trends in Yakutia. The article examines the use of mobile applications, websites, and other information technologies to improve service and interaction with tourists in the Republic of Sakha (Yakutia).*

***Ключевые слова:** информационные технологии, Республика Саха (Якутия), туризм, услуги, конкурентоспособность, цифровые технологии, мобильные приложения.*

***Keywords:** information technologies, Republic of Sakha (Yakutia), tourism, services, competitiveness, digital technologies, mobile applications.*

Актуальность данной темы заключается в том, что современные информационные технологии трансформируют туристическую отрасль, обеспечивая новые возможности для удобства и улучшения опыта путешествий. Мобильные приложения становятся все более важным инструментом для туристических фирм, позволяя им достичь большего уровня взаимодействия с клиентами и предоставлять более персонализированные услуги. Стремление развития туристических услуг таково, что сейчас хорошей туристической компании уже недостаточно предлагать интернет-сайты, оптимизированные для мобильных устройств. Необходимо также создавать специальные мобильные приложения.

ИТ играют важную роль в управлении туроператорской деятельностью, обеспечивая эффективное управление бронированием, продажами, финансами, маркетингом и взаимодействием с клиентами. Некоторые информационные системы для управления туроператорской деятельностью включает в себя CRM-системы для управления клиентскими отношениями, системы бронирования туров, финансовые системы для учета финансовых операций, аналитические инструменты для прогнозирования спроса и оптимизации цен.

С помощью информационных технологий туроператоры могут улучшить качество обслуживания клиентов, автоматизировать процессы продаж и управления, а также улучшить свою конкурентоспособность на рынке. Внедрение современных информационных технологий также способствует оптимизации бизнес-процессов и повышению операционной эффективности туроператоров.

Туризм представляет собой торговлю услугами. Во-первых, это комплексная и разнообразная услуга, как с точки зрения производителя, так и потребителя. Во-вторых, это невидимая, изменчивая и интегрированная услуга. В-третьих, это информационно-насыщенная услуга. Именно эти характеристики туризма представляют его, как отрасль, идеально подходящую для применения информационных технологий.

Республика Саха (Якутия) обладает невероятной природной красотой, уникальной культурой и традициями, которые привлекают внимание туристов со всего мира. В связи с этим развитие информационных техно-

логий в туризме региона играет важную роль в повышении привлекательности данной туристической дестинации.

В Якутии сосредоточены уникальные рекреационные и природные ресурсы, проходят важные экономические, культурные и спортивные события, находятся объекты мирового культурного и исторического наследия. Все это, а еще и особые климатические условия дают стимул для развития туризма. На мировой арене туризма возрастает потребность в новых туристических продуктах вследствие перенасыщения традиционных туристских мест отдыха. Это делает туризм в Якутии перспективным направлением социально-экономического развития [1, с. 34–36].

Внедрение цифровых технологий формирует основные тенденции развития туристской отрасли, все больше оказывая влияние практически на все составные части туристского продукта через снижение транзакционных издержек и повышение информированности участников цифровых сервисов и платформ.

Одной из важных задач для развития внутреннего и въездного туризма является создание условий для формирования туристской экосистемы, объединяющей всех участников рынка на онлайн-платформе для формирования лучшего клиентского опыта, интегрированной с внешними источниками данных и социальными платформами. На базе платформы могут быть разработаны различные блоки, сервисы и мобильные приложения, в которых будут реализованы функции, направленные на развитие системы продвижения туристского продукта Республики Саха (Якутия) [5].

При использовании информационных технологий в туризме Республики Саха (Якутия) следует обратить внимание на несколько ключевых аспектов.

Во-первых, информационные системы и веб-платформы могут служить важным инструментом для повышения доступности информации о туристических маршрутах, местах размещения, культурных событиях и достопримечательностях. Это позволит потенциальным посетителям получать актуальную и полезную информацию перед путешествием в регион.

Во-вторых, развитие онлайн-бронирования услуг, таких как жилье, транспортные перевозки, экскурсии и мероприятия, может существенно упростить процесс планирования путешествий в Якутию, обеспечивая туристам удобство и гибкость на всех этапах их поездки.

Третий ключевой аспект связан с применением современных маркетинговых инструментов, таких как цифровая и социальная реклама, а также контент-маркетинг.

Эффективное использование таких инструментов позволит привлечь больше внимания к туристическим возможностям Якутии и продвигать ее как уникальное туристическое направление. Кроме того, информационные технологии позволяют осуществлять сбор и анализ данных о потребностях и предпочтениях туристов, что позволит создавать более персонализированные и индивидуальные туристические продукты, и услуги, отвечающие потребностям различных категорий посетителей.

На сегодняшний день использование информационных технологий в Республике Саха (Якутия) является актуальной темой, особенно в контексте их влияния на развитие туризма и экономики региона.

Если говорить об информационных технологиях и их интеграции в туристическую отрасль Якутии, то это уже происходит, но в малом объеме. Турфирмы имеют собственные сайты в сети Интернет, активно пользуются рассылками, но для полной интеграции с современными цифровыми технологиями этого недостаточно.

Применение цифровых технологий в столь большом и находящемся на периферии от основных событий в мире регионе может стать спасением и существенным стимулом к развитию туризма в республике. Многие туристические компании в Якутии работают локально или в рамках страны, привлечение иностранных туристов в Якутию минимально [3, с. 740]. Именно поэтому так важно изучить применение и интеграцию цифровых технологий с существующей системой туристической отрасли.

В настоящее время в Якутии широко используются онлайн-платформы для бронирования отелей, гостиниц, авиабилетов и других услуг. Однако остается потенциал для расширения этого процесса на более широкий спектр услуг, включая экскурсии, развлекательные мероприятия и транспортные перевозки. Важно также обеспечить качество информации на региональных туристических сайтах.

Системы управления бронированием, учета посещаемости, мониторинга туристических потоков и другие информационные системы могут

быть более широко внедрены для повышения эффективности работы туристических предприятий и улучшения обслуживания посетителей.

Важно обратить внимание и на развитие ИТ-компетенций среди местных предпринимателей и организаций, а также обучение населения основам цифровых технологий, чтобы обеспечить более широкое понимание и использование информационных систем в туризме.

Эффективное использование ИТ также связано со сбором и анализом данных о потребностях и предпочтениях туристов, чтобы создавать персонализированные предложения и улучшать качество туристических услуг.

Внедрение современных информационных технологий в туризме Якутии, таких как разработка удобных мобильных приложений с подробной информацией о достопримечательностях, мероприятиях, об актуальных туристских маршрутах по уникальным местам Якутии позволят более эффективно привлекать туристов и предоставлять им информацию о туристических объектах.

Разработка мобильных приложений для туристских фирм может принести множество преимуществ и улучшить качество обслуживания туристов. Рассмотрим несколько возможных причин, почему туристическим фирмам нужно разрабатывать мобильное приложение:

1. Улучшение доступности услуг — мобильное приложение позволяет туристам быстро и удобно получать информацию о предлагаемых турах, экскурсиях, гостиницах и других услугах фирмы, а также бронировать и оплачивать их через приложение не выходя из дома или офиса.
2. Повышение уровня сервиса — мобильное приложение может предложить туристам персонализированные рекомендации, а также обратную связь и поддержку в режиме реального времени, что значительно улучшит удобство общения с клиентами.
3. Расширение аудитории — присутствие в мобильных приложениях позволит туристским фирмам привлечь новых клиентов, особенно тех, кто предпочитает планировать свои поездки через мобильные устройства, также для тех, кто находится за пределами города, т.е. из разных улусов и т.д.
4. Увеличение продаж — мобильное приложение может стимулировать продажи дополнительных услуг, таких как трансферы, аренда автомобилей, страхование и т.д., благодаря удобной интеграции всех необходимых сервисов.

5. Улучшение маркетинга — мобильное приложение позволяет туристическим фирмам запускать маркетинговые кампании, предлагать специальные предложения и скидки, а также взаимодействовать с клиентами через уведомления.
6. Создание уникального опыта — используя возможности мобильных устройств, туристические фирмы могут предложить своим клиентам интерактивные карты, аудиогиды, виртуальные туры и другие инновационные возможности, которые сделают опыт путешествия более увлекательным.

Таким образом, информационные технологии становятся неотъемлемой частью бизнеса в сфере туризма, обеспечивая конкурентное преимущество, повышая удовлетворенность клиентов и способствуя развитию бренда туристской фирмы.

В целом, в Республике Саха (Якутия) уже имеется определенный уровень использования информационных технологий в туризме, существует потенциал для их более широкого и эффективного применения. Обеспечение доступности информации, интеграция современных маркетинговых методов, улучшение управления и развитие цифровых навыков могут сделать туристическую отрасль Республики Саха (Якутия) более конкурентоспособной и привлекательной для туристов.

Таким образом, развитие информационных технологий имеет большие возможности для развития туристической индустрии в Республике Саха (Якутия). Если принять во внимание, что инфраструктура и совершенствование сервиса потребуют от республики внушительных вложений, инвестирование в формирование информационных технологий может стать успешным способом развития туризма в целом.

Список литературы

1. Бочарников, В. Н. Информационные технологии в туризме /В. Н. Бочарников. — М.: Флинта, 2011.— 360 с.
2. Готовцева, Е. М. Инновации в сфере туризма в Республике Саха (Якутия)/ Е. М. Готовцева // Молодой ученый.— 2016.— № 8.3 (112.3). — С. 34–36.— [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/112/28410/> (дата обращения: 26.01.2024).

3. Синаторов, С. В. Информационные технологии в туризме / С. В. Синаторов, Н. В. Боченина. — М.: Инфра-М, 2014.— 336 с.
4. Стратегия развития туризма в Республике Саха (Якутия) на период до 2025 года [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://kodeks.karelia.ru/api/show/571070202>
5. Якубайтис, Э. А. Информационные сети и системы: Справочная книга / Э. А. Якубайтис —2-е издание, доп. и перер. — М.: Финансы и статистика, 2010.— 282 с.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 656.025

Оценка рисков на транспортных предприятиях с использованием метода анализа видов и последствий отказов. Сравнительное исследование

Деббаб Ахмед

студент факультета Безопасности жизнедеятельности
и защиты окружающей среды Донского государственного
технического университета

***Аннотация:** Исследование систем управления и организации охраны труда на промышленных предприятиях является основной целью компаний с целью повышения безопасности работников в соответствующих производственных условиях, а также важной целью для достижения различных промышленных или даже транспортных предприятий. производственных целей и повышения ценовой конкурентоспособности. Целью исследования является сравнение метода FMEA в нескольких организациях, чтобы оценить эффективность метода, используемого для постоянного улучшения корпоративной деятельности.*

***Abstract:** The study of management systems and organization of occupational health and safety in industrial plants is the main objective of companies in order to improve the safety of workers in their respective production environments, as well as an important goal to achieve by various industrial or even transportation enterprises. production goals and improve price competitiveness. The purpose of the study is to compare the FMEA method in several organizations in order to evaluate the effectiveness of the method used for continuous improvement of corporate operations.*

***Ключевые слова:** FMEA, транспорт, оценка рисков, RPN, управление рисками.*

***Keywords:** FMEA, transport, risk assessment, RPN, risk management.*

1. Введение

В современной бизнес-среде происходит смена парадигмы в управлении рисками грузовых автомобильных перевозок. Он характеризуется стратегической ориентацией с комплексными усилиями по согласованию различных вопросов устойчивости в управлении рисками. Сегодняшние растущие

ожидания клиентов, конкурентный рынок и ухудшение условий часто подвергают грузовые автомобильные перевозки рискам [1]. Учитывая важность чувствительности автомобильных грузовых перевозок и серьезность негативных последствий, практики и исследователи начали изучать различные аспекты управления рисками в области устойчивости бизнеса [2].

Кроме того, оценки профессионального риска приобретают все большее значение для всех отраслей промышленности в связи с отсутствием заинтересованности в разработке методологии социально-экономической оценки эффективности методов и средств обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников. Хотя компании используют различные типы методов оценки рисков, организации обычно стремятся предотвратить и сократить производственные травмы среди работников и повысить экономическую отдачу компании.

Характер отказов и анализ последствий играют важную роль в использовании пробелов в управлении на промышленных и транспортных предприятиях для выполнения требований безопасности и гигиены труда, особенно на этапе регулирования. Используемый метод требует междисциплинарной группы различных специалистов (конструкторов, инженеров по технике безопасности, аналитиков и т. д.), которые разрабатывают документацию по анализу, используя профессиональные знания и опыт [3].

Цель статьи состоит в том, чтобы показать, как можно использовать метод регулирования FMEA для создания надежной системы управления рисками, сравнивая его с другими институтами, и как он может улучшить работу транспортных отраслей и избежать потерь и негативных последствий, и это приводит к нам задать некоторые из основных вопросов, на которые мы ответим в этой статье: Какова взаимосвязь между управлением рисками и производительностью? Каково влияние нормативного использования FMEA на управление рисками?

2. Методология

2.1. Анализ видов и последствий отказов (FMEA)

Методология статьи основана на сущности процесса «FMEA», который модифицирован для организации управления рисками с целью получе-

ния высокого качества и хорошей производительности [4]. На самом деле, FMEA был первоначально разработан как инструмент анализа надежности американскими военными в 1940-х годах и использовался NASA в 1960-х годах для повышения безопасности и качества проектов [5]. FMEA фокусируется на поиске, определении приоритетов и минимизации отказов до того, как произойдет авария [6–8]. Процедура FMEA начинается с рассмотрения деталей конструкции, иллюстрации блок-схемы оборудования и выявления всех потенциальных отказов, соответственно. После распознавания все возможные причины и следствия должны быть классифицированы в соответствующие режимы отказов. При применении FMEA были использованы некоторые традиционные методы, например, номер приоритета риска (RPN), матрица оценки опасности, упрощенный метод оценки, метод портфельной матрицы [9]. В большинстве отобранных исследований для определения порядка приоритета риска режимов отказа использовался классический метод RPN. RPN — это перемножение серьезности отказов (S), переносимости возникновения (O) и возможности обнаружения (D) [7].

Более того, в методе FMEA RPN рассчитывается путем перемножения трех входов (O, S и D). При расчете RPN качественные шкалы трех входов интерпретируются как числа. Шкалы метода представлены в таблицах 1–3. После каждой опасности учитываются ее риски, рассчитывается RPN, и корректирующие действия могут быть предприняты в соответствии со значениями RPN в порядке убывания [10].

Примечательно, что эта оценка меняется от одного учреждения к другому по классификации профессиональных рисков, от 1 до 5 или от 1 до 10 [13].

2.2. Применение FMEA на транспорте

2.2.1. Пример на железнодорожном транспорте

В качестве примера применения FMEA-анализа на железнодорожном транспорте были представлены наиболее важные аспекты анализа в связи с оценкой риска системы противопожарной защиты в электропоезде типа 36Web в таблице 4 [3].

Таблица 1. Критерии оценки тяжести проявления опасности [11,12]

Тяжесть	Критерии	Уровень
Незначительная	Незаметное воздействие и без последствий	1
Низкая	Незначительное, едва заметное воздействие	2
Средняя	Дефекты относительной важности	3
Значительная	Неблагоприятное воздействие и высокая степень неудовлетворенности	4
Катастрофическая	Очень критический потенциальный режим отказа	5

Таблица 2. Критерии оценки вероятности проявления опасности [11,12]

Вероятность	Критерии	Уровень
Почти невозможно	Незаметное воздействие и без последствий	1
Маловероятно	Сбои, которые маловероятны	2
Может быть	Периодически происходил сбой	3
Вероятно	Отказ происходил с определенной периодичностью	4
Почти наверняка	Отказ очень вероятен, происходит часто, и общие неблагоприятные последствия	5

Таблица 3. Вид отказа критерии оценки обнаруживаемости [11,12]

Обнаруживаемость	Критерии	Уровень
Очень высоко	Негативный эффект очевиден	1
Высоко	Неисправность очевидна и может быть легко обнаружена	2
Умеренно	Сбой обнаруживается и может быть незаметен	3
Низко	Сбой трудно обнаружить	4
Низенько	Сбой почти наверняка замечен или не может быть обнаружен	5

Таблица 4. Пример FMEA для оценки рисков для системы противопожарной защиты (СПЗ) [3]

Система	Функция	Возможный режим отказа	Возможная причина отказа	Эффект неудачи	S	O	D	RPN
Система противопожарной защиты	Обнаружение пожара	Неисправность питания	Неисправность входного напряжения	Система неуступна	4	1	3	12

Система	Функция	Возможный режим отказа	Возможная причина отказа	Эффект неудачи	S	O	D	RPN
			Выходное напряжение +24 В Отказ	Потеря выходной мощности Система недо-ступна	4	1	3	12
		Неисправность Power Good	Цепь питания заблокирована Ноль	Потеря диагностики	4	2	2	16

где:

O — сокращение от слова (**O**ccurrence), что означает вероятность проявления опасности.

D — сокращение от слова (**D**etectability), что означает обнаруживаемость проявления опасности каждого эффекта.

S — сокращение от слова (**S**everity), что означает тяжесть проявления опасности каждого эффекта.

2.2.2. Пример в логистической компании

Предлагаемый подход проводится на примере логистической компании, использующей различные виды транспорта. На первом этапе прикладного исследования с помощью лиц, принимающих решения в компании, определяются виды транспорта [10]. В этом случае можно предпринять некоторые шаги.

Шаг 1. Определение режимов транспортировки

На этапе определения видов транспорта пытаются определить часто используемые виды транспорта в логистических компаниях. В секторе логистики автомобильный транспорт выбирается из-за его легкодоступности и гибкости; железнодорожный транспорт выбирается из-за его способности перевозить большие объемы товаров; морской транспорт выбирается из-за его способности перевозить огромное количество товаров с контейнерами при международных перевозках, а воздушный транспорт выбирается из-за его быстроты.

Шаг 2. Определите количество воздействий

Каждый вид транспорта имеет разную скорость воздействия на окружающую среду, а также оказывает разное воздействие на различные категории окружающей среды. Следовательно, воздействие видов транспорта дифференцируется на различные виды воздействия.

Шаг 3. Определение опасностей, возникающих при использовании видов транспорта

Экологические риски, возникающие при транспортировке, определяются по данным литературы и специалиста по охране труда логистической компании и представлены в таблице 5.

Таблица 5. Экологические риски видов транспорта

Риск	Объяснение
P1	Влияние на загруженность дорог [14]
P2	Риск выбросов транспортных средств (углерод, сера и азот) [15,16]
P3	Скрапирование транспортного средства
P4	Уничтожение зеленых полей
P5	Загрязнение пылью
P6	Загрязнение окружающей среды при уборке транспортного средства

Шаг 4. Выполнить FMEA для каждой определенной опасности, рассчитать RPN и определить приоритетность рисков

Риски P1-P6 для воздуха, почвы и воды оцениваются классическим методом FMEA отдельно для каждого вида транспорта.

В таблице 6 представлены оценка риска и значения RPN логистической компании.

2.2.3. Пример для погрузочно-доставочной машины (ПДМ)

Третий пример, натурный, был выполнен в индийском подземном металлическом руднике. Добыча металла осуществляется путем бурения и взрыва, а добытая руда транспортируется с помощью систем ПДМ от места разработки до места первичного дробления. В подземных горных работах она также известна как черпаковая канатная дорога или погрузчики [17].

Таблица 6. Классическая оценка рисков FMEA Результаты RPN [10]

Риски	Дорога	Воздух	Морской	Железная дорога
Влияние на загруженность дорог	32	4	6	16
Риск выбросов транспортных средств (углерод, сера и азот)	200	18	36	18
Скрапирование транспортного средства	60	8	75	8
Уничтожение зеленых полей	70	21	14	42
Загрязнение пылью	280	4	30	6
Загрязнение окружающей среды при уборке транспортного средства	8	2	12	4

3. Результаты и обсуждение

В зависимости от результатов, показанных в предыдущих исследованиях [3,10,17], используемый метод можно сравнить, извлекая точки отказа, которые были обнаружены на уровне учреждений, и выявляя все возможные причины, которые могли привести к снижению в общей деятельности учреждений.

Исходя из вышеизложенного, все точки отказа можно наблюдать, оценивая риски в различных транспортных учреждениях, где в первом примере в системе противопожарной защиты было установлено, что точки отказа лежат в частях, задействованных в системе защиты, и ее следует, что превентивные меры принимаются для снижения рисков. Кроме того, в природоохранных учреждениях появились точки отказа, через которые были приняты меры по улучшению охраны окружающей среды путем изучения различных транспортных учреждений, оказывающих всеобъемлющее воздействие на окружающую среду, для достижения устойчивости. Это же касается и всех институтов, которые считаются основной линией для достижения желаемых целей.

Значения RPN общепринятых метрик FMEA (табл. 4, 6) были рассчитаны с произведением метрик S, O и D, из которых получены все возможные общесистемные функциональные отказы, оказывающие непосредственное влияние на доходность транспорта. могут быть приведены предприятия с возможными видами отказов.

Метод, использованный в этом сравнении, предоставляет информацию о возможности различных возможных режимов отказа при одинаковых значениях RPN. Это помогает уменьшить нагрузку, связанную с определением приоритетов рейтингов RPN.

4. Заключение

В данной статье проводится сравнение метода, используемого в нескольких транспортных организациях, и его влияние на взаимосвязь между управлением рисками и эффективностью компании. В результате было установлено, что на транспортных предприятиях часто происходят несчастные случаи с помощью оценки риска, которая называется RPN что подчеркивает важность улучшения отраслей. Чтобы обеспечить безопасность перевозки грузов, например, от потенциальных рисков и контролировать возможность несчастных случаев в различных учреждениях, деятельность компании должна контролироваться через точки отказа в системе управления, что позволяет организации избежать будущих рисков и потери. Несомненно, все организации стремятся к повышению производительности и получению большой прибыли при минимальных потерях, и для достижения этой цели должна быть создана сильная система управления рисками, а организация избегает рисков негативных последствий, которые могут привести к ее банкротству, а также позволяет организации быстро развиваться и добиваться наилучших результатов. Здесь можно сказать, что FMEA по своим характеристикам способствует укреплению системы управления рисками и позволяет организации получать хорошие показатели и лучшие результаты на всех уровнях.

Список литературы

1. Govindan K., Chaudhuri A. Interrelationships of risks faced by third party logistics service providers: A DEMATEL based approach // *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* Elsevier, 2016. Vol. 90. P. 177–195.
2. ATRI. Sustainable Freight Practices for the Trucking Industry [Electronic resource]. 2021. URL: <https://truckingresearch.org/2021/10/20/sustainable-freight-transportation-practices/>.

3. Szkoda M., Kaczor G. Application of the FMEA method for the risk assessment in raliway transport according to the requirements of PN-EN IEC 60812: 2018–12 standard // J. KONBiN. De Gruyter Poland, 2020. Vol. 50, № 2. P. 1–17.
4. Kardos P., Lahuta P., Hudakova M. Risk Assessment Using the FMEA method in the Organization of Running Events // Transp. Res. Procedia. Elsevier, 2021. Vol. 55. P. 1538–1546.
5. Liu H. et al. Failure mode and effects analysis for proactive healthcare risk evaluation: a systematic literature review // J. Eval. Clin. Pract. Wiley Online Library, 2020. Vol. 26, № 4. P. 1320–1337.
6. Feili H.R. et al. Risk analysis of geothermal power plants using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) technique // Energy Convers. Manag. Elsevier, 2013. Vol. 72. P. 69–76.
7. Huang W. et al. A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model // J. Loss Prev. Process Ind. Elsevier, 2019. Vol. 61. P. 94–103.
8. Tsai M.-C. Constructing a logistics tracking system for preventing smuggling risk of transit containers // Transp. Res. Part A Policy Pract. Elsevier, 2006. Vol. 40, № 6. P. 526–536.
9. Liu H.-C., Liu L., Liu N. Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review // Expert Syst. Appl. Elsevier, 2013. Vol. 40, № 2. P. 828–838.
10. Oturakci M., Dagsuyu C. Integrated environmental risk assessment approach for transportation modes // Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J. Taylor & Francis, 2020. Vol. 26, № 2. P. 384–393.
11. Jiménez M.D.A., Ferre G., Álvarez-Ude F. Strategies to increase patient safety in haemodialysis: Application of the modal analysis system of errors and effects (FEMA system) // Nefrol. (English Ed. Elsevier, 2017. Vol. 37, № 6. P. 608–621.
12. Mutlu N.G., Altuntas S. Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods // Int. J. Ind. Ergon. Elsevier, 2019. Vol. 72. P. 222–240.
13. Stamatis D. H. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. Quality Press, 2003.

14. Qu L., Chen Y., Mu X. A transport mode selection method for multimodal transportation based on an adaptive ANN system // 2008 Fourth International Conference on Natural Computation. IEEE, 2008. Vol. 3. P. 436–440.
15. Biwer B.M., Butler J. P. Vehicle emission unit risk factors for transportation risk assessments // Risk Anal. Springer, 1999. Vol. 19, № 6. P. 1157–1171.
16. Tuzkaya U. R. Evaluating the environmental effects of transportation modes using an integrated methodology and an application // Int. J. Environ. Sci. Technol. Springer, 2009. Vol. 6, № 2. P. 277–290.
17. Balaraju J., Govinda Raj M., Murthy C. S. Fuzzy-FMEA risk evaluation approach for LHD machine — A case study // J. Sustain. Min. 2019. Vol. 18, № 4. P. 257–268.

УДК 656.025

Разработка методов анализа и оценки рисков и установления взаимосвязей с вредными и опасными факторами производственной среды

Деббаб Ахмед

студент факультета Безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды
Донского государственного технического университета

***Аннотация:** FMEA (англ. Failure Mode and Effect Analysis) — это полезный метод анализа продукта или услуги до того, как он будет произведен или выпущен на рынок. Согласно принципу, заложенному в этом инструменте, дешевле предотвратить, чем устранить. FMEA широко используется в автомобильном секторе, однако в последние годы наблюдается явный переход от анализа приоритета риска (RPN) к анализу приоритета действий (AP). Цель данного исследования — провести сравнение FMEA с использованием RPN и AP соответственно.*

***Abstract:** FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) is a useful method of analyzing a product or service before it is produced or marketed. According to the principle behind this tool, it is cheaper to prevent than to eliminate. FMEA is widely used in the automotive sector, but in recent years there has been a clear shift from Risk Priority Analysis (RPN) to Action Priority Analysis (AP). The purpose of this study is to compare FMEA using RPN and AP respectively.*

***Ключевые слова:** FMEA, транспорт, оценка рисков, RPN, приоритет действий (AP).*

Keywords: FMEA, transport, risk assessment, RPN, Action Priority (AP).

1. Введение

Промышленная революция изменила производственные процессы два века назад. В эпоху оцифровки промышленности и более широкого использования данных знания о причинно-следственных связях важны как никогда. Например, в автоматизированных процедурах анализа данных использование знаний о причинно-следственных связях помогает избежать необъективных результатов [1] и повышает устойчивость алгоритмов анализа данных (например, повышает устойчивость алгоритмов машинного обучения [2]).

После обзора соответствующих исследований миниатюрный общественный транспорт, такой как мини-автобусы и совместные поездки, признан наиболее сбалансированным видом транспорта с точки зрения устойчивости и эффективности [3–5]. Несмотря на множество методов анализа и оценки рисков и различные способы их применения в системе, существуют некоторые недостатки, с которыми заинтересованным сторонам трудно справиться. Например, негабаритные грузоперевозки — еще одна проблема во всех видах транспорта. Перевозка негабаритных грузов требует не только получения специального разрешения, но и особой осторожности, чтобы быть неподвижным на протяжении всей перевозки [6].

К сегодняшнему дню транспорт — это важнейшая услуга, которая использует все экономические ресурсы, включая активы, труд, время и технологии, для доставки товаров и ресурсов потребителям и денег производителям. Транспорт, как и все другие отрасли, играет важнейшую роль в повышении рентабельности и экономической выгоды в горнодобывающем бизнесе. Погрузочно-разгрузочные работы настолько важны, что успешное ведение горных работ зависит от условий транспортировки и требует использования специализированного оборудования и технологий для предоставления услуг и товаров. Сохранность груза — серьезная проблема во всех видах транспорта, включая грузовики, железные дороги, водные пути, порты и аэропорты. Она настолько важна, что неправильно закрепленный груз ставит под угрозу безопасность дорожного движения,

здоровье и жизнь людей и даже имущество, принадлежащее грузу. Фиксация груза и поднятие груза или трение — это два метода крепления грузов от скольжения, опрокидывания, скатывания и смещения [7].

В статье предлагается новый подход к анализу рисков путем развития метода FMEA, который считается одним из методов управления надежностью, широко используемых в различных отраслях промышленности для обеспечения безопасности и надежности систем, услуг и проектов [8]. Он жизненно важен для проектирования надежности и выявления существенных узких мест. FMEA — это подходящий метод диагностики неисправностей для выявления и регистрации влияния отказов на работу системы и ранжирования каждого отказа с точки зрения производительности системы [9]. Это методический подход к анализу надежности и безопасности, который выявляет основные режимы отказов, причины и процессы, чтобы избежать или смягчить последствия отказа [10]. Однако мало изучены вопросы частоты возникновения (O), тяжести (S) и обнаружения (D) отказов в обслуживании, а также их номера приоритета риска (RPN), что связано с формулированием методов восстановления в общей электронной коммерции [11].

2. Методы и методология

2.1. Теория FMEA

FMEA — это систематическая и проактивная методология управления надежностью, которая широко используется для выявления значимых режимов отказов [12]. Она оценивает существующие или возможные механизмы отказов и устраняет потенциальные факторы риска, связанные с товарами, конструкциями, процессами, услугами и системами, повышая их надежность [13]. Основной целью FMEA является не столько проведение корректирующих процедур, сколько предотвращение вероятных режимов отказов, снижение вероятности возникновения дефектов, а также предотвращение или снижение вероятности возникновения опасных ситуаций [14]. Чанг и другие [15] подчеркнули принцип FMEA «профилактика лучше лечения», обеспечивающий проактивную защиту от потенциальных буду-

щих дефектов при успешном сокращении затрат и времени на техническое обслуживание. Благодаря простоте понимания и применения FMEA широко используется в различных отраслях промышленности, включая аэрокосмическую [16], обрабатывающую [17], автомобильную [18] и судостроительную [34]. FMEA используется в качестве основного подхода к снижению количества ошибок и опасностей, особенно в автомобильной промышленности [19]. Кроме того, Хуанг и другие [8] обнаружили, что большинство опубликованных статей относятся к производственному сектору, что указывает на важность FMEA как подхода к обеспечению безопасности процессов и надежности продукции в этой отрасли.

2.2. Этапы процесса управления рисками «FMEA»

Этап 1: Идентификация рисков

Первый этап предлагаемой системы управления рисками заключается в определении возможных переменных риска, которые влияют на инциденты при перевозке опасных грузов. Выявленные критерии считаются исходными данными для всей процедуры. Также установлено, что идентификация рисков играет важную роль в процессе управления рисками опасных автоперевозок [20]. Этот этап состоит из двух шагов.

Шаг 1: Определение системы или процесса, подлежащего анализу

Необходимо собрать информацию об анализируемой организации у заинтересованных сторон, и лучше всего создать междисциплинарную команду, чтобы определить административную систему или процесс, который должен быть достигнут.

Шаг 2: определение потенциальных видов отказов для продукта или процесса

Когда все члены команды понимают суть процесса (или продукта), они могут начать думать о возможных способах отказа, которые могут повредить производственному процессу или качеству продукта. Мозговой штурм поможет вынести все эти идеи на обсуждение. Члены команды должны принести на мозговой штурм список идей. Помимо идей, которые участники принесут на встречу, другие появятся в результате синергетического эффекта группового процесса.

Этап 2: Анализ рисков

Анализ рисков — это второй этап управления рисками. В данном исследовании анализ риска означает определение потенциального влияния (влияния) каждого фактора риска (рис. 1), например, на аварии при транспортировке опасных грузов. Иными словами, на каждом этапе, начиная с оценки и заканчивая определением приоритетности действий, необходимо определить степень важности каждого фактора риска.

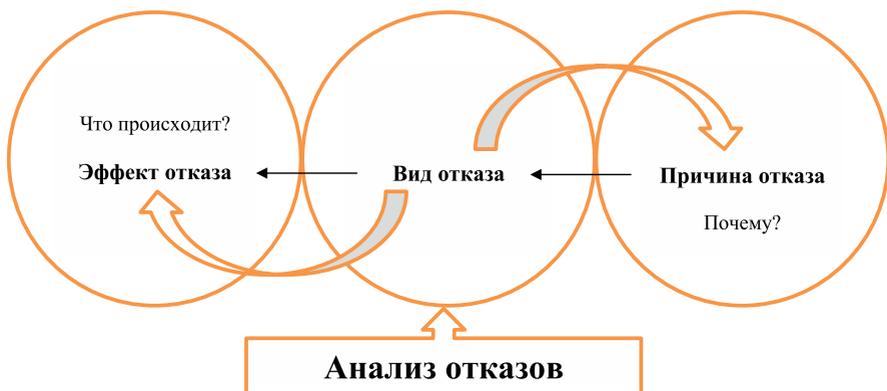


Рисунок 1. Анализ отказов

Шаг 3: Определение потенциального (ых) эффекта (ов) вида отказа на систему или клиента

Шаг 4: Оценка степени значимости для каждого вида отказа на основе его последствий (таблица 2)

Шаг 5: Определение потенциальной причины (причин) для каждого вида отказа

Шаг 6: Оценка вероятности возникновения для каждого вида и причины отказа (таблица 2)

Шаг 7: Определение средств контроля для данного режима отказа и основной причины

Шаг 8: Оценка уровня обнаружения для каждого вида отказа, причины и следствия (таблица 2)

Шаг 9: Расчет приоритетного номера риска (RPN) для каждого вида отказа

Использование FMEA для определения приоритетов улучшений позволяет успешно предотвращать сценарии отказов. Успешно внедренный FMEA сводит к минимуму возникновение отказов систем и изделий, повышая эксплуатационную надежность как государственных, так и коммерческих организаций [12,18]. Эксперты проводят типичную оценку FMEA, ранжируя режимы отказов по шкале от 1 до 10 или от 1 до 5, в зависимости от организации и вида риска, а затем перемножая эти рейтинги. Конечным результатом является число приоритета риска (RPN), которое классифицирует критические режимы отказов. Большое число RPN предполагает более высокий связанный с ним риск, поэтому режимы отказа с более высокими значениями RPN требуют большего внимания. В таблице 1 представлены три переменные риска: значимость (S), возникновение (O) и обнаружение (D).

Таблица 1. Описание факторов риска

Фактор риска	Описание
Значимость (S)	Значимость вида отказа измеряет уровень повреждения и влияния на всю систему. Она оценивает влияние режима отказа на всю систему, продукт, оборудование или процесс, когда он происходит. [12,14,18]
Возникновение (O)	Возникновение вида отказа измеряется. Изучение данных о предыдущих отказах может помочь оценить частоту возникновения режима отказа. Более высокий балл предполагает большую вероятность возникновения режима отказа. Уровень часто определяется частотой возникновения режима отказа за определенный период времени. [13,14,18]
Обнаружение (D)	Вероятность или сложность распознавания режима отказа при его возникновении в системе, продукте, оборудовании или процессе называется обнаруживаемостью. Если режим отказа можно успешно и своевременно предсказать до его возникновения, то вероятность возникновения такого режима можно уменьшить. Высокая обнаруживаемость означает меньшую вероятность отказа, а низкая обнаруживаемость — большую вероятность возникновения риска. [12,16,17]

Таблица 2. Критерий отказа для RPN

Уровень риска	Значимость (S)	Возникновение (O)	Обнаружение (D)	Вещественное число
1	Почти нет	Редко случается	Чрезвычайно обнаруживаемые	1
2	Ничего серьезного	Реже случается	Легко обнаруживается	3
3	В целом серьезно	Случаются изредка	Внимание	5
4	Серьезно	Случаются очень часто	Трудно обнаружить	7
5	Чрезвычайно серьезные	Склонны к возникновению	Крайне трудно обнаружить	10

В формуле используются абсолютные значения для S, O и D, а результирующая RPN представляет собой определенное число. Однако различные исследования [8,13,14,16,21] показали, что этот алгоритм имеет существенные недостатки, которые заключаются в следующем:

- Различные переменные риска могут давать одно и то же число RPN, но лежащие в их основе опасности могут отличаться. Например, два режима отказа со значениями S, O и D 1, 3 и 6 и 2, 3 и 3 дают значения RPN, равные 18. В результате лица, принимающие решения, могут рассматривать эти два типа отказов как одинаково важные, даже если один из них может нести в себе большую опасность. Этот вид отказа может привести к отказу дополнительных компонентов, что поставит под угрозу безопасность и надежность продукта и процесса.
- Формула RPN является проблематичной, поскольку она оценивает только три переменные риска, игнорируя их взаимозависимость и дополнительные факторы, влияющие на риск. Более того, типичный расчет RPN часто слишком упрощает взаимозависимость различных переменных риска и их влияние на общий риск [22]. Риск — сложное и всеобъемлющее понятие, включающее в себя несколько аспектов, таких как технологические, производственные и экономические проблемы. Традиционный метод рассматривает эти аспекты

по отдельности, что может привести к неточному представлению об общей среде риска. Кроме того, использование одного числового показателя, такого как RPN, может создать ложное впечатление о точности и не отразить весь спектр опасностей, связанных с системой или процессом. Этот недостаток особенно очевиден при сравнении различных механизмов отказа с различными экономическими последствиями [23]

- При расчете RPN не учитывается относительная значимость трех опасностей. Всем трем элементам придается одинаковый вес, а неоднозначность и субъективность, присущие этому процессу, часто игнорируются. На практике каждая опасность имеет разный уровень значимости.
- Формула RPN чрезвычайно проста и не имеет прочной математической основы. Она уязвима к изменениям в переменных риска; кроме того, незначительные различия могут оказать существенное влияние на итоговый показатель RPN, что не способствует ранжированию.

Этап 3: Оценка рисков и контроль рисков

Третий этап управления рисками заключается в том, чтобы предложить методы контроля и выделить ограниченные ресурсы для контроля выявленных рисков. Это одновременно и цель, и основной предмет управления рисками. На этом этапе первоначально определяются методы контроля рисков, соответствующие идентифицированным переменным риска и их фундаментальному рейтингу значимости.

Шаг 10: Выполнение корректирующих действий по снижению/смягчению или устранению риска.

2.3. Приоритет действий в FMEA «англ. — Action Priority (AP)»

После того как команда FMEA провела первую оценку режимов и последствий отказов, причин и средств контроля, включая рейтинги серьезности, возникновения и обнаружения, она должна определить, требуются ли дополнительные меры по снижению риска. Из-за присущих им ограничений по деньгам, времени, технологиям и другим соображениям они должны выбрать, как расставить приоритеты в этих усилиях.

Расстановка приоритетов имеет решающее значение для эффективного и успешного проведения FMEA. Одним из таких важных показателей является приоритет действий (AP), который определяет, какие опасности (сочетание серьезности, возникновения и обнаружения) должны быть приоритетнее других. Это позволяет организации и ключевым заинтересованным сторонам определить последовательность действий, которые должны быть выполнены.

Приоритет действий: Основная цель «Приоритета действий» — определить, как правильно расставить приоритеты действий для снижения риска. Он предусматривает три уровня приоритетности действий: высокий, средний и низкий. Акцент делается на необходимости принятия мер по снижению риска, а не на классификации риска как высокого, среднего или низкого.

Он был разработан для того, чтобы в первую очередь сосредоточиться на серьезности, затем на возникновении и, наконец, на обнаружении. Это обоснование соответствует цели FMEA по предотвращению отказов. Таблица AP рекомендует высокий-средний-низкий приоритет действий. Компании могут оценивать приоритеты действий, используя единую систему, а не различные системы, требуемые несколькими клиентами.

Преимущества AP заключаются в следующем:

- Учитывает все возможные 1000 комбинаций значимости (S), возникновения (O) и обнаружения (D);
- В первую очередь внимание уделяется серьезности, затем возникновению и обнаружению;
- Логика заключается в предотвращении отказов;
- Таблица AP предлагает высокий (H), средний (M) и низкий (L) приоритет действий по конкретным стандартам (таблица 3);
- Матрица рисков представляет собой комбинацию S & O, S & D и O & D;
- Таблица приоритетов действий аналогична для «DFMEA» и «PFMEA», но отличается для «FMEA-MSR» (мониторинг и реагирование системы);
- Рекомендуются, чтобы 9 и 10 степени значимости с AP «High» и «Medium» были рассмотрены руководством, включая любые рекомендуемые действия.

Комбинируя RPN и AP, можно получить следующую таблицу 4.

Результаты таблицы 5 показывают применение метода FMEA к трамвайным путям, чтобы узнать ожидаемые риски отказов и аварий для при-

Таблица 3. Критерии приоритета действий AP

Приоритет высокий (Н)	Наивысший приоритет для рассмотрения и принятия мер; Либо определить соответствующие действия для улучшения предотвращения и/или обнаружения; Либо обосновать и документально подтвердить, почему существующие средства контроля являются адекватными.
Приоритет средний (М)	Средний приоритет для рассмотрения и принятия мер; Либо определить соответствующее действие для улучшения предотвращения и/или обнаружения; Либо, по усмотрению организации, обосновать и документально подтвердить, что средства контроля являются адекватными.
Приоритет низкий (L)	Низкий приоритет для анализа и принятия мер; Могут быть определены действия по улучшению средств предотвращения или обнаружения.

Таблица 4. Сочетание RPN и AP

–		Возникновение (O)					–	
		1	2–3	4–5	6–7	8–10		
Значимость (S)	1	L	L	L	L	L	1	Обнаружение (D)
		L	L	L	L	L	2–4	
		L	L	L	L	L	5–6	
		L	L	L	L	L	7–10	
	2–3	L	L	L	L	L	1	
		L	L	L	L	L	2–4	
		L	L	L	L	M	5–6	
		L	L	L	L	M	7–10	
	4–6	L	L	L	L	M	1	
		L	L	L	M	M	2–4	
		L	L	L	M	H	5–6	
		L	L	M	M	H	7–10	
	7–8	L	L	M	M	H	1	
		L	L	M	H	H	2–4	
		L	M	M	H	H	5–6	
		L	M	H	H	H	7–10	
	9–10	L	L	M	H	H	1	
		L	L	H	H	H	2–4	
		L	M	H	H	H	5–6	
		L	H	H	H	H	7–10	

Таблица 5. Анализ видов и последствий отказов (FMEA)

Конструкция/ Процесс	Вид потенциального несоответствия	Потенциальное последствие	Значимость (S)	Потенциальная причина	Возникновение (O)	Меры по обнаружению	Обнаружение (D)	RPN	AP
Фрикционное торможение	Торможение	Серьезный отказ тормозов на тележке	4	Утечка жидкости в соединении суппорта	6	Трамвай будет обездвижен и возвращен в мастерскую технического обслуживания с отчетом о завершении работы	2	48	M
Тормозное усилие	Тяговое усилие	Изолированные или заблокированные тяговые ящики — Вибрация в поезде	7	Потеря сцепления с дорогой — Деформация колеса	6	Обездвиживание поезда — Отсутствие комфорта	2	84	H
Вагонная тележка — Подвесной трамвай	Удобство	Дефекты рельсов	5	Вибрации	6	Деградация подвижного состава подвижного состава — Дискомфорт для пользователей	2	60	M

нятия необходимых мер по повышению эксплуатационной безопасности транспортных средств.

3. Результаты и обсуждение

В целом, предыдущие подходы к анализу RPN имели существенные недостатки. Поскольку при анализе RPN

$$RPN = S * O * D$$

При расстановке приоритетов всем оценкам придается одинаковый вес. Кроме того, RPN — это не просто критерий приоритетности рисков. В результате у некоторых других компаний появились собственные критерии, такие как S*O и O*D, а также множество других комбинаций, которым они следовали.

Если взять в качестве примера два сценария, чтобы показать существенные недостатки RPN, то в следующей таблице (таблица 6):

Таблица 6. Номер приоритета риска (RPN) [24]

	Значимость (S)	Возникновение (O)	Обнаружение (D)	RPN
Сценарий А	8	5	2	80
Сценарий Б	5	2	8	80

Если RPN = 80, то RPN недостаточен для различения всех потенциальных комбинаций S, O и D (рис. 2).

Сравнение можно провести, обратившись к примеру, представленному в таблице 5. Из таблицы 6 видно изменение AP при неизменном значении RPN. В результате возникает разница между RPN и AP, что означает приоритетность снижения высоких рисков в первую очередь за счет демонстрируемых результатов.

Как часто критериями для присвоения рейтинга серьезности, возникновения и обнаружения является реальный статус, а не целевое значение!

Почему организация испытывает давление, определяя приоритет действий как высокий?

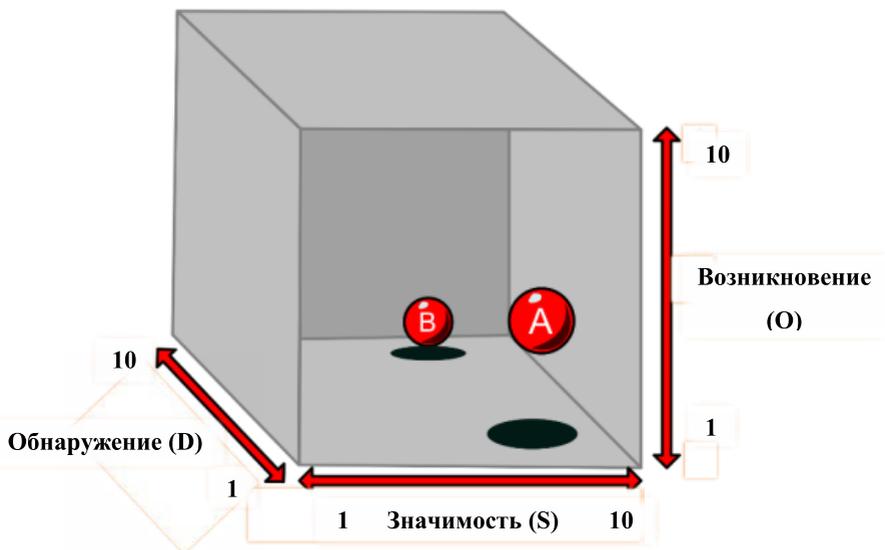


Рисунок 2. Диаграмма RPN [24]

4. Выводы

Безопасность настолько сильна, насколько сильно самое слабое звено. FMEA играет решающую роль в обнаружении этого слабого звена в системах, конструкциях и процессах. FMEA помогает инженерам во многих областях (в частности, в электротехнике) более эффективно решать задачи безопасности, используя универсальную команду, которая начинается с четко определенной области применения и соответствующих инструментов в своем распоряжении.

Кроме того, в традиционном методе FMEA в качестве эталона используется RPN, полученный путем перемножения трех параметров и выявления неисправных, у которых RPN превышает максимально допустимое значение для каждого случая. Кроме того, RPN одинаково учитывает серьезность, частоту возникновения и обнаружение. Более современная методика AP, напротив, расставляет приоритеты между этими тремя факторами. В этом случае сначала рассматривается серьезность, а затем частота возникновения и обнаружение.

Таблица 6. Анализ видов и последствий отказов (FMEA) (Сравнение)

Конструкция/ Процесс	Вид потенциального несоответствия	Потенциальное последствие	Значимость (S)	Потенциальная причина	Возникновение (O)	Меры по обнаружению	Обнаружение (D)	RPN	AP
– Вагонная тележка – Подвесной трамвай	Фрикционное торможение	Торможение	2	Утечка жидкости в соединении суппорта	4	Трамвай будет обездвижен и возвращен в мастерскую технического обслуживания с отчетом о завершении работ	6	48	L
Удобство	Тормозное усилие	Тяговое усилие	7	– Потеря сцепления с дорогой – Деформация колеса	2	– Обездвиживание поезда – Отсутствие комфорта	6	84	M
Дефекты рельсов	– Изолированные или заблокированные тяговые ящики – Вибрация в поезде	– Серьезный отказ тормозов на тележке	2	Вибрации	5	– Деградация подвижного состава подвижного состава – Дискомфорт для пользователей	6	60	L

Окончательный вывод данного исследования заключается в том, что эти две методики должны изучаться в тандеме, а не в антагонизме, и должны учитывать наиболее неблагоприятные сценарии, предлагаемые каждой из них, в соответствии с современными стандартами.

Список литературы

1. Pearl J., Mackenzie D. The book of why: the new science of cause and effect. Basic books, 2018.
2. Kyono T., van der Schaar M. Improving model robustness using causal knowledge // arXiv Prepr. arXiv1911.12441. 2019.
3. Alisoltani N., Leclercq L., Zargayouna M. Can dynamic ride-sharing reduce traffic congestion? // Transp. Res. Part B Methodol. 2021. Vol. 145. P. 212–246.
4. Bistaffa F. et al. A Computational Approach to Quantify the Benefits of Ride-sharing for Policy Makers and Travellers // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2021. Vol. 22, № 1. P. 119–130.
5. Jalali R. et al. Investigating the potential of ridesharing to reduce vehicle emissions // Urban Plan. 2017. Vol. 2, № 2. P. 26–40.
6. Macioszek E. Oversize cargo transport in road transport—problems and issues // Zesz. Nauk. Transp. Śląska. Politechnika Śląska. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2020. № 108.
7. Macioszek E. Essential techniques for fastening loads in road transport // Zesz. Nauk. Transp. Śląska. 2021.
8. Huang J. et al. Failure mode and effect analysis improvement: A systematic literature review and future research agenda // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2020. Vol. 199. P. 106885.
9. Renjith V.R. et al. Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility // J. Loss Prev. Process Ind. 2018. Vol. 56. P. 537–547.
10. Rastayesh S. et al. A System Engineering Approach Using FMEA and Bayesian Network for Risk Analysis — A Case Study // Sustainability. 2020. Vol. 12, № 1.
11. Shan H. et al. Risk assessment of express delivery service failures in china: An improved failure mode and effects analysis approach // J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res. MDPI, 2021. Vol. 16, № 6. P. 2490–2514.

12. Liu H.-C. et al. Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review // *Comput. Ind. Eng.* Elsevier, 2019. Vol. 135. P. 881–897.
13. Lo H.-W., Liou J.J.H. A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment // *Appl. Soft Comput.* Elsevier, 2018. Vol. 73. P. 684–696.
14. Lin S.-W., Lo H.-W. An FMEA model for risk assessment of university sustainability: using a combined ITARA with TOPSIS-AL approach based neutrosophic sets // *Ann. Oper. Res.* 2023.
15. Chang T.-W. et al. A novel FMEA model based on rough BWM and rough TOPSIS-AL for risk assessment // *Mathematics.* MDPI, 2019. Vol. 7, № 10. P. 874.
16. Yazdi M., Daneshvar S., Setareh H. An extension to Fuzzy Developed Failure Mode and Effects Analysis (FDFMEA) application for aircraft landing system // *Saf. Sci.* 2017. Vol. 98. P. 113–123.
17. Chi C.-F., Sigmund D., Astarci M. O. Classification Scheme for Root Cause and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of Passenger Vehicle Recalls // *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 2020. Vol. 200. P. 106929.
18. Bařhan V., Demirel H., Gul M. An FMEA-based TOPSIS approach under single valued neutrosophic sets for maritime risk evaluation: the case of ship navigation safety // *Soft Comput.* 2020. Vol. 24, № 24. P. 18749–18764.
19. Chiozza M.L., Ponzetti C. FMEA: A model for reducing medical errors // *Clin. Chim. Acta.* 2009. Vol. 404, № 1. P. 75–78.
20. Li Y.-L., Yang Q., Chin K.-S. A decision support model for risk management of hazardous materials road transportation based on quality function deployment // *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2019. Vol. 74. P. 154–173.
21. Cao X., Deng Y. A new geometric mean FMEA method based on information quality // *Ieee Access.* IEEE, 2019. Vol. 7. P. 95547–95554.
22. Xu N. et al. Risk Assessment of Lift-Jacking Accidents Using FFTA-FMEA // *Appl. Sci.* MDPI, 2023. Vol. 13, № 12. P. 7312.
23. Ribas J.R. et al. A fuzzy FMEA assessment of hydroelectric earth dam failure modes: A case study in Central Brazil // *Energy Reports.* Elsevier, 2021. Vol. 7. P. 4412–4424.
24. Scott G. *AIAG & VDA FMEA Handbook.* 2019.

УДК 661.742.1

Обзор методов модернизации колонны выделения растворителя с целью снижения потерь акриловой кислоты со сточными водами

Пывина Александра Сергеевна

ведущий инженер-технолог АО Сибур-Нефтехим, г. Дзержинск

Садиков Антон Юрьевич

эксперт цифровых технологий АО Сибур-Нефтехим, г. Дзержинск

Чубенко Мария Николаевна

кандидат технических наук, доцент кафедры Химических и пищевых технологий Дзержинского политехнического института Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева

***Аннотация:** Статья посвящена поиску типов контактных устройств, которые возможно применить в условиях работы с полимеризующимися технологическими средами, а также поиску альтернативных решений, способных увеличить разделительную способность колонны и создать запас по мощности. Проведен обзор и обобщение информации по производству акриловой кислоты. Приведены рекомендации по технологическим решениям в производстве акриловой кислоты: по оптимизации работы колонны, фактическом количестве тарелок в колонне, замены растворителя и рабочим параметрам процесса, которые позволят без потери качества основного продукта снизить гидравлическое сопротивление в колонне и потенциально увеличить производительность колонны.*

***Abstract:** The article is devoted to search of types of contact devices, which can be applied in conditions of work with polymerizable technological media, and to search alternative solutions, which can increase separating ability of the column and create a power reserve. The review and generalization of information on acrylic acid production is carried out. Recommendations on technological solutions in acrylic acid production are given on optimization of column operation, actual number of plates in the column, solvent replacement and operating parameters of the process, which will allow reducing hydraulic resistance in the column and potentially increase the column capacity without loss of quality of the main product.*

***Ключевые слова:** акриловая кислота, ректификационная колонна, контактные устройства, полимеризующая среда, разделительная способность, выделение растворителя.*

Keywords: *acrylic acid, distillation column, contact devices, polymerizing medium, separation ability, solvent release.*

В производстве акриловой кислоты узким местом является колонна выделения растворителя. С целью снижения потерь акриловой кислоты со сточными водами рассматривается замена верхнего участка внутренних контактных устройств, представленных ситчатыми тарелками провального типа, на насадку или другие тарелки с большим коэффициентом полезного действия и меньшим гидравлическим сопротивлением. В настоящее время колонна выделения растворителя находится в режиме «захлебывания» без возможности эффективного разделения растворителя и акриловой кислоты, и дальнейшего увеличения производительности колонны. Замена контактных устройств — достаточно рискованное предложение, так как раствор акриловой кислоты является полимеризующейся средой, из-за которой выбор внутренних контактных устройств и подбор технологического режима колонны становятся затруднительными.

В данной работе проведен поиск типов контактных устройств, которые возможно применить в условиях работы с полимеризующимися технологическими средами, а также поиск альтернативных решений, способных увеличить разделительную способность колонны и создать запас по мощности.

Литературный обзор был начат с поиска информации о способах увеличения разделительной способности ректификационных колонн. В различных источниках информации предлагаются примерно одни и те же способы: регулирование флегмового числа и тепловой нагрузки на колонну, изменение высоты и диаметра колонны, изменение тарелки ввода питания в колонну и так далее.

В источнике [1] в качестве основного решения по увеличению разделительной способности рассматривается замена внутренних устройств колонного оборудования. В своей работе авторы отражают возможные виды контактных устройств с указанием производителей. Так как патентный поиск был направлен на поиск потенциальных поставщиков внутренних контактных устройств, то данная работа является дополнением. Автором

особо выделяются такие производители, как Глитч, ВНИИНЕФТЕМАШ, Sulzer и другие. Данный список будет полезен при проведении тендера на поставщика.

Нынешняя политическая ситуация практически не позволяет обращаться к зарубежным поставщикам, поэтому заинтересовал производитель ВНИИНЕФТЕМАШ, указанный в источнике [1] как отечественный производитель. Дальнейший поиск потенциальных производителей, на сайтах которых может быть размещена информация с предложениями о контактных устройствах, привел к другому отечественному производителю ООО «ХИММАШ-АППАРАТ», на сайте которого есть информация о тарелках, которые можно применять в условиях работы с полимеризующимися средами.

«Просечные тарелки (КПД 60%/70%) для загрязненных полимеризующихся сред, а также комбинированные просечно-клапанные тарелки «КПК», которые сочетают в себе преимущества клапанных и просечных тарелок. Тарелки просты в изготовлении и установке клапанов. Перечисленные тарелки могут также успешно работать и в процессе абсорбции (очистка газов от H_2S). Применяются при реконструкции действующих абсорберов», — указано на сайте ООО «ХИММАШ-АППАРАТ» [2].

Дальнейший литературный поиск по альтернативным вариантам внутренних устройств для полимеризующихся сред практически не дал результата. Информация на сайте Sulzer и др. не содержала никакой конкретной информации и предложений, способных удовлетворить одну из целей литературного обзора.

Таким образом, литературный обзор с целью поиска конкретных типов внутренних контактных устройств для рассматриваемого производства акриловой кислоты вывел только на потенциальных производителей, с которыми необходима дальнейшая проработка вопросов эксплуатации и применимости их продукта в действующем колонном оборудовании.

Так как основная цель литературного обзора была поиск альтернативных замене внутренних контактных устройств решений, обзор был сосредоточен в основном на зарубежных источниках информации. Данное решение обосновывается следующим. Установок по производству акриловой кислоты в России всего две, это установки, принадлежащие Газпром

и СИБУР. Лицензиарами установок являются японские компании, отечественные научно-исследовательские организации не заинтересованы в изучении и оптимизации технологического процесса по производству акриловой кислоты, так как акриловая кислота является малотоннажным продуктом и применяется в основном на тех же самых установках для производства эфиров.

Литературный обзор с целью поиска модернизации колонны выделения растворителя не дал результата. Соответственно, далее обзор проводился по всем колоннам и найденные решения анализировались на применимость на конкретной колонне.

В работе [3] в особых условиях ведения процесса по производству и выделению акриловой кислоты из реакционной смеси указано следующее: «Acrylic acid also has a tendency to polymerize; therefore, polymerization inhibitors, such as hydroquinone, must be injected throughout the system». (*Акриловая кислота также имеет тенденцию к полимеризации; поэтому ингибиторы полимеризации, такие как гидрохинон, необходимо вводить по всей системе.*) Данная рекомендация по использованию ингибиторов для предотвращения полимеризации важна и уже применяется в соответствии с данными лицензиара.

В источнике [3] также рассматривается способ замены используемого растворителя для экстракции акриловой кислоты из водного раствора. Авторами прорабатывался способ замены растворителя с диизопропилового эфира с достаточно низкой температурой кипения. В итоге, в работе авторами рекомендуется использовать изопропилацетат с температурой кипения 89 °С. В настоящее время в производстве акриловой кислоты в СИБУР-Нефтехим используется изобутилацетат с температурой кипения около 126 °С, при том, что температура кипения акриловой кислоты достаточно близкая 141 °С. Использование растворителя с меньшей температурой кипения позволит получить акриловую кислоту более высокого качества, повысит разделительную способность в колонне выделения растворителя и, потенциально, снизит тепловые нагрузки на кипятильники колонн. Перечисленные моменты делают решение о замене растворителя на изопропилацетат достаточно интересным.

Далее в источнике [3] рассматривался такой способ оптимизации процесса, как замена внутренних устройств в экстракторе — замена насадки

на ситчатые тарелки. Данное решение не подходит для реализации на установке производства акриловой кислоты СИБУР-Нефтехима, так как на данной установке экстрактор представлен роторно-дисковым экстрактором, с мешалкой и перфорированными контактными устройствами, которые по сути своей являются разновидностью ситчатых тарелок.

В работе также принято решение об оптимизации флегмового числа в колоннах с помощью программного обеспечения Aspen. В связи с тем, что настоящая колонна выделения растворителя работает в «предзахлебном» режиме и что в последнее время была увеличена производительность установки до 103 т/сут по акриловой кислоте эфирного качества, оптимизация режима работы колонны может принести некоторый результат.

В работе [4] помимо способов оптимизации процесса получения акриловой кислоты, указанных в работе [3], анализируется еще один способ. Авторы пишут: «Through iterative procedures, each column's concentration profile was analyzed in Aspen so that conclusions can be made on at what plate maximum outlet concentration is achieved and therefore which remaining stages are superfluous». *(С помощью итеративных процедур в Aspen был проанализирован профиль концентрации каждой колонки, чтобы можно было сделать выводы о том, на какой тарелке достигается максимальная концентрация на выходе и, следовательно, какие оставшиеся тарелки являются излишними.)* Это достаточно интересное предложение — проанализировать составы потоков на тарелках и исключить «лишние». Главное, данное предложение возможно будет полезным для настоящей установки, так как исключение нескольких тарелок позволит снизить гидравлическое сопротивление в колонне и, может быть, даже создаст некоторый запас мощности.

Публикацию [5] удалось рассмотреть не в полной версии, а демо-версия не содержит в себе в полной мере информации о том, как именно автор с помощью Aspen оптимизирует процесс разделения реакционной смеси. Тем не менее, она дает общее представление о способах оптимизации, применяемых при моделировании: «The optimization parameters consists of reflux ratio, feed stages location, temperature, pressure, re-boiler heat duty and flow rate of solvent that used in whole acrylic acid plant for optimization». *(Параметры оптимизации включают коэффициент обратного осмоса, расположение тарелок подачи, температуру, давление, тепловую мощность*

котла и расход растворителя, который используется во всей установке по производству акриловой кислоты для оптимизации.) Автор также указывает о необходимости моделирования и оптимизации технологического процесса после каждого шага по увеличению производительности установки.

В работе [6] отмечен один интересный факт: «The distillation is performed at a low vacuum — 0.2 bar. This is in order to keep the reboiler temperature at a relatively low 90 °C. This is due to a high temperature constraint on highly pure AA. According to Foo et al., around 110 °C highly pure AA will polymerize. Keeping the distillation temperature and pressure low avoids this problem». (Дистилляция проводится при вакууме — 0,2 бар. Это необходимо для поддержания температуры в ребойлере на относительно низком уровне 90 °C. Это связано с температурными ограничениями для высокочистой акриловой кислоты. Согласно Foo и соавт., при температуре около 110 °C высокочистая акриловая кислота полимеризуется. Поддержание низкой температуры и давления дистилляции позволяет избежать этой проблемы.) На данный момент температура в кубе колонны выделения растворителя несколько выше по факту, чем рекомендуется. В действительности, полимеризация колонны является одной из причин увеличения гидравлического сопротивления, «захлебывания» колонны и ее ограничения по производительности. Следует рассмотреть возможность еще большего снижения давления в колонне и, соответственно, температуры. Данный момент требует глубокой проработки.

Авторы в источнике [7] рекомендуют использовать ситчатые тарелки вместо клапанных или колпачковых или насадки: «Sieve trays (as opposed to bubble or valve-type trays) were chosen because of their ease of installation and lower cost compared to packed columns. The choice of sieve trays was also facilitated by their well-known design procedures, low fouling tendency and large capacity». (Ситчатые тарелки (в отличие от колпачковых или клапанных тарелок) были выбраны из-за их простоты установки и более низкой стоимости по сравнению с насадочными колоннами. Выбору ситчатых тарелок также способствовали их хорошо известные конструктивные решения, низкая склонность к засорению и большая вместимость.) На настоящем оборудовании (в колонне регенерации растворителя и в колонне выделения растворителя из раствора акриловой кислоты) фактически используются как раз ситчатые тарелки. Основной идеей по оптимизации колонны была как

раз замена внутренних контактных устройств — на тарелки клапанных или колпачковые или насадку. Если верить авторам публикации [7], данная идея только ухудшит работу колонного оборудования в нашем производственном процессе. Но известно, что насадочные устройства позволяют увеличить производительность и снизить гидравлическое сопротивление. Необходима углубленная проработка данной темы совместно с производителями контактных устройств.

В источнике [7] авторы также рекомендуют держать температуру в колоннах не выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ с целью предотвращения полимеризации.

Таким образом, выполненный обзор показывает отсутствие на отечественном рынке производителей какого-либо специализированного оборудования для процессов получения акриловой кислоты, а, соответственно, и отсутствие некоторых знаний, исследований, статей в данной области.

В целом, информация о производстве акриловой кислоты и какие-либо технологические решения являются закрытой информацией и мало упоминаются даже в зарубежных публикациях в открытых источниках информации.

Кроме того, в связи с тем, что настоящая установка является одной из первых спроектированных установок производства акриловой кислоты, затрудняется использование публикуемой информации в связи с индивидуальными особенностями эксплуатации установки, что подтверждает актуальность рассматриваемой проблемы и необходимость проведения исследований для поиска способов ее решения.

Тем не менее, в ходе проведения литературного обзора было найдено несколько интересных решений, которые необходимо более глубоко проработать теоретически и экспериментально перед принятием решения о реализации:

1. поддерживать температуру в процессе выделения акриловой кислоты из реакционной массы не выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ для предотвращения полимеризации;
2. рассмотреть следующие способы оптимизации работы колонн: изменение флегмового числа, тепловой нагрузки на конденсаторы и кипятильники, изменение тарелки ввода питания, способов ввода рецикловых греющих и охлаждающих потоков в колонну. Данные моменты необходимо рассматривать в комплексе с технологическим моделированием и экспериментальными исследованиями на лабораторном оборудовании;

3. проанализировать необходимость в фактическом количестве тарелок в колонне, рассмотреть вариант отказа от некоторого количества без потери качества основного продукта с целью снижения гидравлического сопротивления и потенциального увеличения производительности колонны;
4. рассмотреть вариант замены растворителя с изобутилацетата на изопропилацетат или другие. Для оценки данного решения необходимо проведение НИОКР специализированной научно-исследовательской организацией.

Список литературы

1. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М. И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: Издательство «ФЭН», 2004.— 307 с.
2. Сайт компании ООО «Химмаш-Аппарат». [Электронный ресурс]. URL: <https://him-apparat.ru/tarelki-po-atk/>
3. Стефани Лин, Кимберли Мэнни, Дэвид Смит, Абеби Стаффорд. Производство акриловой кислоты: разделение и очистка. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.owl.net.rice.edu/~ceng403/gr2499/aagr4.html>
4. Элизабет Тайсон, Брайан Кирш, Рошан Гумматтира. Получение акриловой кислоты путем каталитического частичного окисления пропилена: конструкция разделения. 1999 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.owl.net.rice.edu/~ceng403/gr21099/acrylicacid2>
5. Чью Йи Кет. Оптимизация производства акриловой кислоты с использованием аспен плюс. университет малайзии паханг. 2013.— 134 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/5834/1/OPTIMIZATION%20ON%20ACRYLIC%20ACID%20PLANT%20BY%20USING.pdf>
6. Адам Ферье. Проектирование и анализ затрат на установку по производству акриловой кислоты. Университет Арканзаса, Ферсити Арканзаса, Фейетвилл. 2019.— 84 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1138&context=chehuht>
7. Сандиле Мтоло, доктор Д. Лохат, доктор У. Нельсон. Проектирование завода по производству акриловой кислоты производительностью

100000 тонн в год. 2017.— 37 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.academia.edu/35357410/Acrylic_Acid_Plant_Design_Absorption_Column_pdf.

УДК 621.865

Использование промышленных роботов в производстве с целью повышения эффективности деятельности

Ян Цян

магистр кафедры Механики деформируемого твердого тела
Балтийского государственного технического университета Военмех
имени Д. Ф. Устинова

***Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием промышленных роботов в производстве с целью повышения эффективности деятельности. Определено понятие «роботизация». Изучены различные виды роботов, таких как промышленные, коллаборативные, манипуляторы. Рассмотрено отличие промышленных роботов от коллаборативных. Изучены основные результаты повышения эффективности деятельности, которые можно достичь при помощи использования различных видов роботов в производстве. Рассмотрен упрощенный пример расчета экономической выгоды от использования промышленного робота в производстве, приобретенного в лизинг. Изучены современные цифровые разработки, используемые на промышленном производстве в современных условиях.*

***Abstract:** This paper discusses issues related to the use of industrial robots in manufacturing to improve operational efficiency. The concept of robotization is defined. Different types of robots such as industrial robots, collaborative robots, manipulators are studied. The difference between industrial robots and collaborative robots is examined. The major performance gains that can be achieved by using different types of robots in manufacturing are studied. A simplified example of calculating the economic benefits of using an industrial robot in production purchased on lease is considered. Modern digital developments used in industrial production in today's environment are studied.*

***Ключевые слова:** промышленность, роботы, производство, эффективность деятельности, использование, повышение.*

***Keywords:** industry, robots, production, efficiency, use, improvement.*

Роботизация производства в современных условиях играет важную роль в развитии деятельности, повышении производительности труда, эффективности работы, качества выпускаемой продукции и ее количества. До недавнего времени большинство таких операций, как сварка, литье,ковка изделий и многие другие совершалось руками человека. Это был трудоёмкий и затратный процесс, требующий большое количество времени и усилий. С появлением промышленных роботов часть операций, а в отдельных случаях полностью стали выполнять промышленные роботы. Следует отметить, что основной задачей использования промышленных роботов в производстве является непосредственно повышение эффективности деятельности.

Под роботизацией производства понимается процесс автоматизированного управления основными процессами деятельности с использованием роботов различных видов [3, с. 1].

Роботы в промышленном производстве делятся на два основных вида: промышленные и коллаборативные. Особенностью промышленных роботов является то, что они способны быстро выполнять поставленные перед ними задачи и добиваться поставленных целей, повышая эффективность деятельности. Однако, из-за высокой и точной скорости выполнения основных операций они могут представлять опасность для человека. Поэтому требуются специальные условия для того, чтобы они могли свободно передвигаться в огороженном пространстве. Коллаборативные промышленные роботы отличаются менее травматичной для человека работой. Они имеют округлую форму, меньшую скорость передвижения и выполнения операций и при столкновении с человеком мгновенно останавливаются. С точки зрения эффективности коллаборативные роботы превосходят промышленные, поскольку:

1. имеют низкую стоимость;
2. быстрый срок окупаемости затрат;
3. имеют возможность выполнения нескольких задач одновременно;
4. просты в использовании и управлении;
5. обладают энергоэкономичностью;
6. имеют высокую степень безопасности;
7. подходят для разных по размеру предприятий и т.д.

На Рисунке 1 представлен коллаботивный робот, используемый в промышленном производстве.

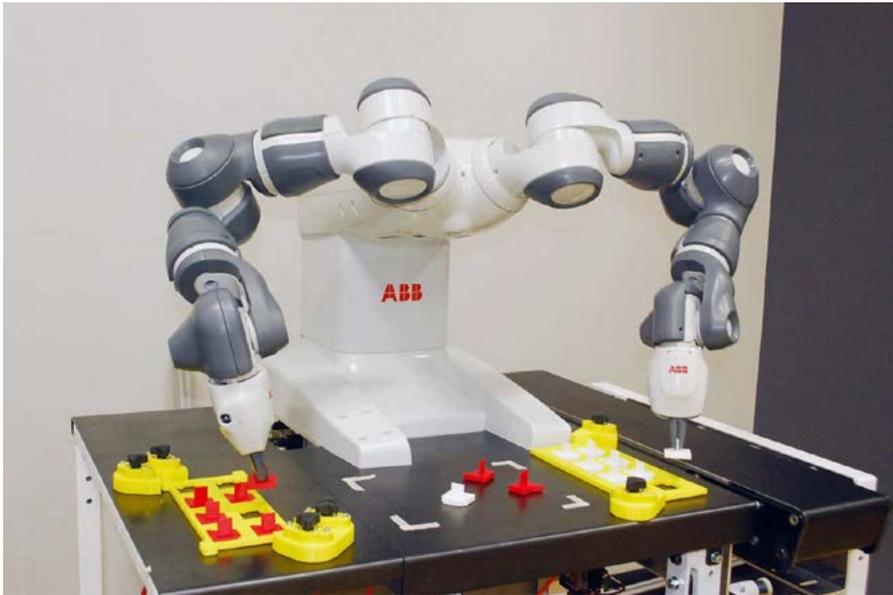


Рисунок 1. Коллаботивный робот

По-прежнему на промышленных предприятиях популярностью пользуются роботы манипуляторы [2, с. 58]. Они являются главной движущей силой на производстве и серьезными помощниками в работе. Управление такими роботами может осуществляться с помощью пульта или специального устройства. Такие роботы легко перемещаются в пространстве благодаря приводам и могут проникать в труднодоступные места для человека для выполнения точечной работы [1, с. 93].

Далее рассмотрим основные результаты повышения эффективности деятельности, которые можно достичь при помощи использования различных видов роботов в производстве:

1. повышение гибкости производственных процессов;
2. снижение скорости выполнения основных операций;
3. минимизация или полное исключение возможности совершения ошибок;

4. сокращение затрат и повышение прибыли;
5. повышение производительности труда;
6. снижение рабочего времени и трудоемкости;
7. повышение качества выпускаемой продукции и т.д.

Очень часто на промышленном производстве является внедрение не отдельных роботов и манипуляторов, а использование целого комплекса автоматизированных площадок. Это позволяет в несколько раз увеличить эффективность производства и получить максимальную отдачу.

С точки зрения экономической эффективности промышленные роботы приносят огромную выгоду. Рассмотрим упрощенный пример расчета экономической выгоды от использования промышленного робота в производстве, приобретенного в лизинг на 36 месяцев. Внешний вид робота представлен на Рисунке 2.



Рисунок 2

Данные анализа представлены в Таблице 1.

Суммарные расходы на работа в год составят 1,020 млн рублей, а затраты на рабочих, для работы в две и три смены — 1,694 млн и 2,542 млн а с учетом расходов на их найм — 1,925 и 2,887 млн. Выгода от применения работа в первый год: 904 603,6 р. для двух смен, 1 867 249,36 р. для трех. Во второй и третий год: по 816 938,61 р. для двух смен и по 1 664 384,64 р. для трех. В четвертый и последующие годы сохраненная выгода равняется расходам на персонал, который заменен роботом.

Следовательно, использование промышленного робота на предприятии принесет прямую экономическую выгоду и будет способствовать повышению эффективности труда в целом.

Важно отметить, что в последнее время в промышленности стали применяться не только роботы, но и цифровые разработки, в качестве которых выступают беспилотные летательные аппараты.

Например, новинкой на рынке цифровых технологий является разработка БПЛА под названием Matrice 200 от DJI. Это универсальный по-

Таблица 1. Расчет экономической выгоды от использования промышленного робота в производстве

Рабочие	Расходы	Покупка	Робот
Закрытие вакансии	115200	2158985	215898 покупка
З/пл	48000		От 0,00 ПНР
НДФЛ	6240		73162 Платеж/месяц
Взносы	16380		9,54% ставка
Итог/месяц	70620		1020687 1 год
Первый год	962645		877952 2 год
В год	847445		877952 3 год
2 смены в 1 год	1925291		
2 смены * год	1694891		63162 в т.ч. последний платеж
3 смены в 1 год	2887937		10000 в т.ч. выкупной платеж
3 смены * год	2542337		
3 смены * 3 года	7972611	2158985	2776593
		5813626	5196018

мощник, который не боится непогодных условий, имеет высокую производительность и повышенную устойчивость против движения воздушных масс. Дрон имеет закрытую конструкцию, внутри которой расположено устройство видео фиксации промышленных объектов. Устройство также оснащено пропеллерами, которые обеспечивают дальность и плавность полета. Данное устройство позволяет с высокой степенью точностью обнаружить мельчайшие изъяны и дефекты в работе промышленного оборудования. Кроме того, встроенный режим видео фиксации позволяет увеличивать объекты и рассматривать их в различной плоскости и проекции.

Другим современным цифровым устройством является промышленный дрон, имеющий название Walkera Voyager 5. Это беспилотник, который может вести наблюдение в ночное время суток, фиксировать промышленные объекты на высокой высоте. Преимуществом использования данной технологии является возможность обеспечения дальности и продолжительности полета. Так, БПЛА способен выдерживать сорокаминутные за счет умной и эффективной системы ресурсосбережения.

Промышленный дрон марки D-02 представляет собой целую авиационную систему полета и наблюдения за промышленными объектами. Преимуществом данной модели является наличие возможности сборной конструкции, то есть под различные производственные задачи можно скорректировать варианты деталей конструкции, позволяющих обеспечить решение поставленных задач. Кроме того, данный дрон можно также использовать как антенное оборудование для получения профессиональных материалов в режиме фотосъемки реального времени.

Еще одной интересной новинкой на рынке цифровых технологий является разработанный дрон для чистки турбин от компании Aerones., обладающий высокой степенью производительности совершаемых операций.

Представленная разработка выполняет задачи очистки лопастей ветряных турбин при помощи различных шлангов, подающих напор воды под давлением. Устройство имеет встроенные камеры, множество датчиков, систему навигации и т.д. Промышленный дрон позволяет проводить эффективную процедуру по очистке турбин, экономит силы и время на проведение данных операций. Устройство может находиться на большой высоте и парить в воздухе неограниченное время [4, с. 308].

Таким образом, различные виды роботов на промышленном производстве способны решать самые дифференцированные задачи, начиная от выполнения заготовок деталей, заканчивая их укладкой и сборкой. Это значительно экономит силы и время на производстве, сокращает затраты труда, повышает эффективность производства и производительность.

Список литературы

1. Картамышева Е. С. Промышленная автоматизация в России: проблемы и их решения // Молодой ученый. 2016. № 28 (132). С. 93–95.
2. Кузнецова А. Д. Экономическая эффективность внедрения роботоманипуляторов в промышленное производство в развитых странах // Молодой ученый. 2019. № 40 (278). С. 58–60.
3. Пономарева Г. Т. Автоматизация и роботизация как одно из направлений инновационного развития экономики // Вопросы экономики и управления. 2018. № 4 (15). С. 1–8.
4. Хлебенских Л. В. Автоматизация производства в современном мире // Молодой ученый. 2017. № 16 (150). С. 308–311.

УДК 625.7.06

Влияние резины, полученной путем переработки изношенных шин на физико-химические характеристики битума

Бабаев Рафат Алигисмат оглы

магистрант кафедры Химической технологии переработки нефти и газа
Казанского национального исследовательского технологического университета

Фаттахов Данил Альбертович

студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа
Казанского национального исследовательского технологического университета

Научный руководитель **Вагапов Булат Рустемович**

доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа
Казанского национального исследовательского технологического университета

***Аннотация:** Рассмотрены основные направления модификации дорожных битумов, механизм влияния резиновой крошки как модификатора на свойства нефтяных битумов. Приведены результаты на основе битума марки БНД 100/130.*

***Abstract:** The main directions of road bitumen modification, the mechanism of influence of crumb rubber as a modifier on the properties of petroleum bitumens are reviewed.*

***Ключевые слова:** битум, модификация, резиновая крошка, дороги.*

***Keywords:** bitumen, modification, rubber crumb, roads.*

В современном мире невозможно представить промышленность без развития автотранспорта и скоростных автомобильных магистралей. По этой причине нефтяное битумное вяжущее является товарным продуктом и главным вяжущим материалом для приготовления асфальтобетонной смеси. В дорожной отрасли активно используют нефтяные битумные вяжущие, добываемые переработкой нефтяного остатка, сходных по групповому составу с остаточными битумными вяжущими. Нефтяные битумы являются неотъемлемым компонентом асфальтобетонных покрытий, которые широко используются в дорожном строительстве. Однако, в исход-

ном состоянии битумы обладают рядом недостатков, таких как низкая эластичность, температурная чувствительность и подверженность трещинообразованию. Для устранения этих недостатков и повышения эксплуатационных характеристик нефтяных битумов применяются различные модификаторы. Модификаторы нефтяных битумов представляют собой добавки, которые вводятся в состав битума для улучшения его физико-механических свойств. Они выполняют различные функции, включая: 1) Повышение эластичности битума, что снижает риск образования трещин при низких температурах и повышает устойчивость к динамическим нагрузкам. 2) Расширение рабочего температурного интервала битума, что позволяет использовать его в более широком диапазоне температур без ущерба его эксплуатационным характеристикам. 3) Улучшение адгезии битума к минеральным материалам, что повышает прочность и долговечность асфальтобетонных покрытий. 4) Повышение стойкости битума к окислению и старению, что продлевает срок его службы. В качестве модификаторов нефтяных битумов могут выступать различные материалы, синтетические каучуки, термоэластопласты, нефтеполимерные смолы, специально синтезированные полимеры.

Второй направление модификаторов, больше нацелены на улучшение использование отходов. Проблема загрязнения окружающей среды является острой и актуальной в современном мире. Значительную угрозу представляют трудно утилизируемые отходы промышленности. С развитием производства полимерных изделий увеличивается количество отходов полимерных материалов. В настоящее время автомобильные шины становятся одним из распространенных видов полимерных отходов. Изношенные шины огнеопасны, в случае возгорания погасить их достаточно трудно, а при горении в воздух выбрасываются вредные продукты горения, относящиеся к I и II классу опасности. Использование резиновой крошки в качестве добавки в битум, облегчает проблему с отходами шин. Измельчение отработанных шин в резиновую крошку, это один из лучших способов переработки.

Комбинируя различные модификаторы, можно добиться синергетического эффекта и получить битум с оптимальными свойствами для конкретного применения. Модификация нефтяных битумов позволяет зна-

чительно повысить их эксплуатационные характеристики и расширить область их применения.

В России резиновую крошку получают путем переработки изношенных легковых, грузовых, автобусных и троллейбусных шин. Шины с истекшим сроком службы представляют собой серьезную экологическую проблему. Ежегодно около 1,5 миллиардов шин заканчивают свой жизненный цикл, и их число растет [5]. Для того, чтобы они не были потенциальной проблемой для экологии, лучшим применением является использование в качестве добавки в различных продуктах для строительства. Особый интерес здесь представляет использование резиновой крошки в асфальтобетонной промышленности.

Битумное вяжущее может быть модифицировано резиновой крошкой для улучшения его свойств [1]. Качество битума, модифицированного резиновой крошкой, в значительной степени зависит от технологических параметров при смешивании с битумом. Чем больше удельная поверхность частиц, тем лучше конечные свойства модифицированного битума.

По сравнению с битумами, модифицированными полимером СБС, у битумов, модифицированных резиновой крошкой наблюдается меньшая температурная восприимчивость. Это означает повышенную устойчивость к образованию колеи при высоких температурах и повышенную устойчивость к низкотемпературному растрескиванию при низких температурах для битума, модифицированного резиновой крошкой, по сравнению с битумами, модифицированными с СБС.

Так же резиновая крошка может влиять на увеличение срока эксплуатации дорог на 5–10 лет за счет уменьшения на дорожной поверхности образование трещин; повышение деформативности дорожного покрытия. Снижение колеобразования за счет упругости асфальтобетона на битуме. Улучшение сцепных свойств с поверхностным покрытием. Сохранение характеристик асфальтобетона даже при высоких перепадах температуры, когда покрытия без добавления резиновой крошки переходят в пластичное состояние, при повышенных температурах накапливая деформации. При низких температурах наблюдается менее интенсивный процесс трещинообразования. Это позволяет строить дороги в любой климатической зоне. Увеличение срока службы автомобильных шин благодаря постепенному износу протектора.

Экспериментальная часть

1. В работе были использован битум БНД-У 100/130, производства ОАО «НГК «Славнефть», свойства и групповой состав которого приведены в таблице 1 и 2, соответственно.

Таблица 1. Групповой состав

Масла	54,7
Смолы	30,27
Асфальтены	17,3

В качестве модификатора применялась резиновая крошка, полученная путем переработки автомобильных шин. Размер фракции — 0,8–1 мм.

Характеристики исходного битума и требования ГОСТ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Свойства исходного битума

Наименование	Пенетрация при температуре 25 °С, 0,1 мм	Температура размягчения по кольцу и шару, Т, °С, не ниже	Растяжимость при температуре 25 °С, Д, см, не менее	Температура хрупкости, °С, не выше
ГОСТ 33133–2014	101–130	45	70	– 20
Битум БНД 100/130	112	53	Более 100	– 23

Модификация битума резиновой крошкой проводилась при температуре 160–180 °С. на верхнеприводной мешалке. Время перемешивания варьировалось от двух до трех часов. Однородность составов проверялась методом стеклянной палочки.

Исследование исходного битума и модифицированных составов проводилось согласно ГОСТу 33133–2014 «Битумы нефтяные дорожные вязкие».

Обсуждение результатов

Применение и подбор правильного модификатора непростой процесс, что обусловлено сложностью совместимости применяемых добавок с исходным битумом, так как далеко не все модификаторы совместимы с битумными материалами. Неполная совместимость с битумом приводит к снижению срока службы дорожного покрытия из-за невозможности формирования однородного материала, способного к восприятию транспортных нагрузок. В связи с этим, в данной работе исследовалось влияние добавок резиновой крошки на окисленные битумы.

Температура процесса модификации ограничивается максимальной температурой переработки битума, которая для дорожного битума составляет 160–180 °С. Действие более высоких температур в течение длительного времени приводит к деградации битума. С другой стороны, температура процесса модификации определяется значениями, необходимыми для термодеструкции резиновой крошки. [3]

Результаты модификации битума БНД 100/130 резиновой крошкой представлены в таблице 3.

По экспериментальным данным видно, что модификация битума с использованием резиновой крошки приводит к улучшению консистенции битума. Это проявляется в повышении температуры размягчения, снижении

Таблица 3. Свойства модифицированного битума

Наименование	Пенетрация при температуре 25 °С, 0,1 мм	Температура размягчения по кольцу и шару, Т, °С, не ниже	Растяжимость при температуре 25 °С, Д, см, не менее	Температура хрупкости, °С, не выше
Битум БНД 100/130	112	53	Более 100	– 23
РК 5%	92	53	Более 100	– 25
РК 10%	85	58	Более 100	– 21
РК 20%	72	64	83	– 17

пенетрация (глубины проникания иглы). Однако добавка резиновой крошки негативно влияет на растяжимость и температуру хрупкости. Это может быть связано с тем, что резиновая крошка увеличивает вязкость битума, что делает его более жестким и менее эластичным. Снижение пенетрации и увеличение температуры хрупкости может быть связано с тем, что при добавлении резиновой крошки растет соотношение асфальтенов к маслам.

По результатам исследований выявлено, что с точки зрения комплекса эксплуатационных свойств оптимальной концентрацией резиновой крошки в битуме составляет менее 10%. При дальнейшем увеличении концентрации резиновой крошки существенных улучшений свойств битума не происходит, а наоборот, возрастает риск расслоения материала, что может привести к потере эксплуатационных характеристик. Кроме того, при высоких концентрациях модификаторов возрастает риск расслоения материала.

Заключение

По результатам исследования выявлены зависимости изменения свойств резино-битумных вяжущих в зависимости от концентрации резиновой крошки. Показана совместимость дорожного битума с резиновой крошкой, однако однозначно утверждать о том, что добавка резиновой крошки является эффективным способом улучшения свойств битумного вяжущего нельзя. При соблюдении оптимальной концентрации и правильно подобранной рецептуре, резиновая крошка не способствует расслоению вяжущего, а также улучшает консистенцию битумного материала. Это, в свою очередь, может способствовать увеличению срока службы дорожного покрытия и снижению вероятности появления трещин и выбоин на дорожном полотне. Как правило, основной целью модификаций резиновой крошкой битумных материалов является утилизация отходов шинной промышленности и снижение стоимости конечного вяжущего.

Список литературы

1. Иванова, Т. Л. Модификация дорожного асфальтобетона резиновыми порошками механоактивационного способа получения / Иванова Т.Л.;

- Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. — Улан-Удэ, 2009.— 19 с.
2. Юнусова Г. Б. Анализ цикла обращения отходов автомобильных шин / Г. Б. Юнусова // Вестник ИГУ —2013—53 с.
 3. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов / И. А. Плотникова, В. Н. Сотникова, М. Б. Сокальская [и др.]. — Москва: Союздорнии, 1991.— 138 с.
 4. Гун Р. Б. Нефтяные битумы: учеб. пособие для рабочего образования / Р. Б. Гун. — М.: Химия, 1989.— 152 с.
 5. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимер-асфальтобетон: метод. пособие для слушателей ГОУ ДПО 110 ГАСИС / сост.: Л. М. Гохман. — Москва: Изд-во ГОУ ДПО ГАСИС, 2008.— 94 с.
 6. Вильде О. Битум: путь в «премиум» / О. Вильде // Сибирская нефть.— 2020.— № 6 (173). — С. 44—47.
 7. Беляев П.С., Забавников М.В., Маликов О.Г., Волков Д. С. Исследования влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума /Вестник ТГТУ// 2005—930 с.
 8. Абдуллин И.А., Композиционные материалы с полимерной матрицей. Учебное пособие / И. А. Абдуллин и др. — Казань: Изд-во КГТУ.— 2006.— 144 с.
 9. Веселов, В. И. Переработка использованных шин. Международный опыт // Твердые бытовые отходы.— 2012.— № 12. — С. 58—63.

УДК 007.51

Обзор технологий, применяемых в работе подъёмника гондольного типа, с целью улучшения инфраструктуры горнолыжного комплекса

Иванова Надежда Антоновна

студент МИРЭА — Российского технологического университета

Заботкина Екатерина Михайловна

ассистент кафедры Телекоммуникаций МИРЭА —
Российского технологического университета

***Аннотация:** Основопологающим фактором каждого горнолыжного курорта является безопасность и комфорт отдыхающих. В данной статье будут рассмотрены технологии интернета вещей, позволяющие работать подъёмнику гондольного типа интерактивно и автоматически регулировать скорость, исходя из погодных условий и скорости ветра.*

***Abstract:** The fundamental factor of each ski resort is the safety and comfort of vacationers. This paper will discuss the Internet of Things technologies that allow a gondola elevator to operate interactively and automatically adjust its speed based on weather conditions and wind speed.*

***Ключевые слова:** горнолыжный курорт, умные подъёмники, интернет вещей, датчики, инфраструктура, гондольные подъёмники, автоматизация.*

***Keywords:** ski resort, smart lifts, Internet of things, sensors, infrastructure, gondola lifts, automation.*

В современном мире становится актуальным проводить свой досуг активно, заниматься спортом. Особую популярность набирает горнолыжный вид спорта. Соответственно, конкуренция среди горнолыжных курортов возрастает, владельцы комплексов стараются сделать инфраструктуру как можно более интерактивной и удобной для отдыхающих.

Большинство не задумывается, какие технологии обеспечивают им комфортный отдых и приятное времяпровождение. Подробнее рассмотрим инфраструктуру ГЛЦ «Банное» в Республике Башкортостан (Рисунок 1).

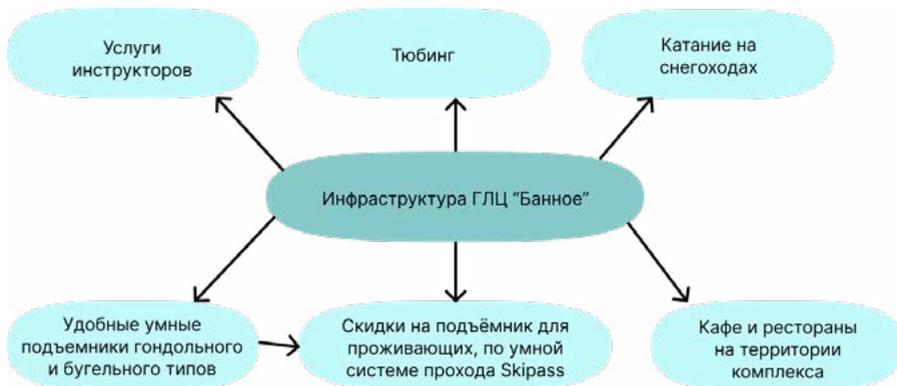


Рисунок 1. Инфраструктура комплекса ГЛЦ «Банное»

Остановимся на обзоре умного подъемника гондольного типа, который обеспечивает удобный подъем на гору для отдыхающих ГЛЦ «Банное». Данный подъемник был установлен в 2005 году группой компаний «СКАДО» (Самарские канатные дороги). Завод специализируется на выпуске металлоконструкций подвесных канатных дорог [1]. ГК «СКАДО» является одним из крупнейших дистрибьюторов на российском рынке, сотрудничающих с группой Doppelmayr/Garaventa, которая занимается проектированием и реализацией одной из самых успешных систем канатных дорог в мире [2]. Подъемник именно этой компании функционирует по сей день на ГЛЦ «Банное». Другим не менее крупным дистрибьютором на отечественном рынке является ГК «СНОУПРОМ», который немного уступает своему конкуренту в количестве реализованных проектов [3]. Ниже представлено сравнение двух крупнейших интеграторов в области канатных дорог на российском рынке (Рисунок 2).

Определим преимущества и недостатки вышеописанного гондольного подъемника. Преимуществами являются:

- вместимость кабинки составляет до 8 человек, благодаря чему быстро прокачивается большой поток людей;
- подъемник замедляется во время посадки и высадки отдыхающих;
- во время подъема кабинка защищает людей от внешних факторов, таких как ветер и снег;



Рисунок 2. Сравнительный анализ компаний

- наиболее удобный подъёмник для сноубордистов;
 - обзор кабинки составляет 360 градусов.
- Недостатками подъемника гондольного типа являются:

- низкая скорость подъёма, до 6 м/с;
- необходимо снимать лыжи/сноуборд перед посадкой на подъёмник.

Поговорим подробнее о технологии, реализующей безопасный и автоматизированный подход в работе гондольного подъёмника на ГЛЦ «Банное». Умный подъёмник самостоятельно регулирует скорость работы в зависимости от погодных условий и скорости ветра. Три опоры канатной дороги оснащены умными датчиками, которые непрерывно считывают показатели внешней среды и передают данные на компьютеры диспетчерам. Для максимизации безопасности пользователей система замедляет подъёмник при скорости ветра, достигающей 15 м/с, и полностью его останавливает при скорости ветра 17 м/с, чтобы кабинки не раскачивались и не возникало критически опасных ситуаций. Данная технология продумана и с точки зрения экономии электроэнергии. Система, измеряя среднюю скорость и направление ветра, запускает подъёмник с максимальной скоростью, что в свою очередь

снижает затраты на электроэнергию, затрачиваемую на работу подъёмника. В случае, если скорость канатной дороги замедляется, расход электроэнергии достигает 1000 кВт, если же скорость максимальна — 650 кВт. Позиции расположения датчиков на ГЛЦ «Банное» отображены на Рисунке 3 [4].

Рассмотрим визуальные примеры подобных умных датчиков, которые контролируют скорость и направление ветра. Подобные устройства приспособлены к суровым условиям, потребляют мало электроэнергии и просты в настройке и использовании [5] (Рисунок 4).

В данной статье были рассмотрены ключевые технологии, которые применяются в современном мире для улучшения инфраструктуры горнолыжных курортов и повышения комфорта пользователей. Технологии интернета вещей, применяемые в подъёмниках гондольного типа, помогают работникам комплекса оперативно реагировать на изменения внешних факторов, что очень важно для обеспечения безопасности отдыхающих в горной местности.

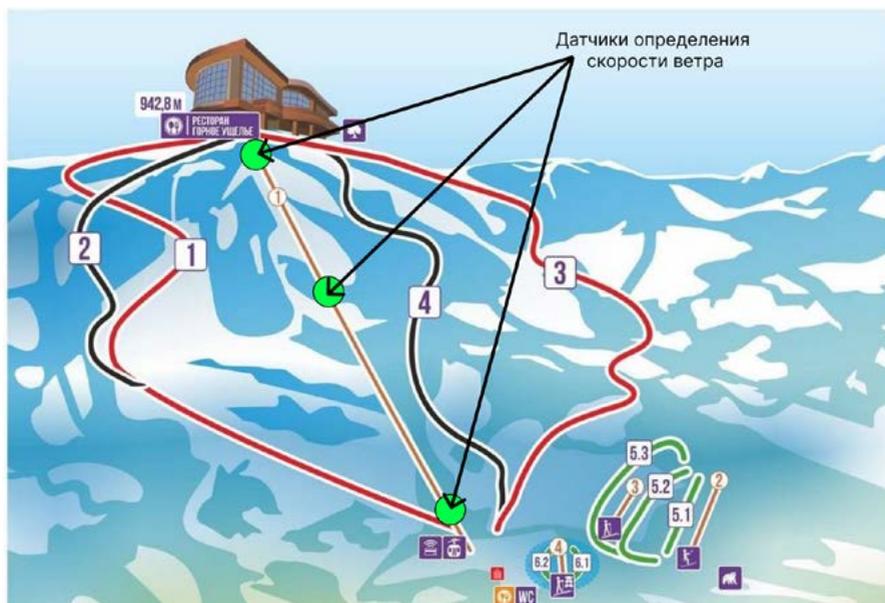


Рисунок 3. Расположение умных датчиков на подъёмнике на ГЛЦ «Банное»



Рисунок 4. Умные датчики, определяющие скорость и направление ветра

Список литературы

1. О компании «СКАДО». [Электронный ресурс] — URL: <https://www.skado.ru/o-kompanii> (дата обращения 01.03.2024)
2. Доппельмайр. [Электронный ресурс] — URL: <https://www.doppelmayr.com/ru/produkcija/gondolnye-kanatnye-dorogi-s-otcepljaemymi-kabinami/> (дата обращения 01.03.2024)
3. О компании «СНОУПРОМ». [Электронный ресурс] — URL: <https://www.snowprom.ru/about> (дата обращения 01.03.2024)
4. ГЛЦ «Банное». [Электронный ресурс] — URL: <https://bannoye.com/glc/> (дата обращения 01.03.2023)
5. Датчики скорости и направления ветра. [Электронный ресурс] — URL: https://poltraf.ru/nablyudatelnye_stantsii_i_kompleksy/datchiki_skorosti_napravleniya_vetra/?yclid=15320555903836749823 (дата обращения 01.03.2023)

УДК 62–408.6

Оценка деформаций металлоконструкции грузоподъемных кранов на основе фотограмметрии

Мазурин Павел Андреевич

студент Академии водного транспорта Российского университета транспорта

***Аннотация:** В настоящей статье рассмотрен опыт применения фотограмметрии для определения остаточных деформаций металлоконструкции грузоподъемных кранов и предложены подходы к измерению величины прогиба стержневых и пластинчатых элементов конструкции. Настоящая работа содержит описание результатов применения фотограмметрии для оценки деформаций элементов металлоконструкции грузоподъемных машин, анализ основных проблем, возникающих при их обработке и предлагаемые решения по обеспечению необходимой точности.*

***Abstract:** The present paper reviews the experience of photogrammetry application for determination of residual deformations of metal structures of hoisting cranes. It proposes approaches to measuring the deflection value of rod and plate structural elements. The present work contains the description of the results of application of photogrammetry for estimation of deformations of metal structure elements of hoisting cranes, analysis of the main problems arising during their processing and proposed solutions to ensure the required accuracy.*

***Ключевые слова:** фотограмметрия, факторы, элемент ГПМ.*

***Keywords:** photogrammetry, factors, GPM element.*

В настоящее время активно развиваются методы контроля технического состояния различных промышленных и строительных объектов с применением дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА) [1–4]. В основном объектами контроля являются здания и сооружения [1–2]. Результаты использования фотограмметрии уже позволяют говорить о возможности не только визуального, но и измерительного контроля отдельных элементов зданий [1] и сооружений [2]. В [3] описан успешный опыт оценки плано-высотного положения путей мостовых кранов, при этом была достигнута точность измерения соизмеримая с точностью лазерной съёмки. Как показывает опыт [4], применением специального освеще-

ния объекта съёмки и определённых методик обработки данных удаётся добиться точности моделирования небольших объектов, при которой относительная ошибка не превышает 0,03 мм. Автором на протяжении ряда лет проводились исследования по внедрению фотограмметрии в практику обследования грузоподъёмных кранов в рамках проведения экспертизы промышленной безопасности [5–6] в АО «Северный порт», Москва. Применение ДПЛА позволило значительно сократить время осмотра кранов и поиска дефектов, однако не были в полном объёме решены задачи измерения величин обнаруженных дефектов. В работе [6] показаны подходы к измерению величины прогиба стержневых элементов конструкции, однако предлагаемые в этой работе решения применимы в основном для стержневых элементов конструкции, либо для оценки краевых деформаций листов. Стоит отметить, что для оценки величины прогиба по фотографиям требуется соблюдение ряда условий [6], в частности на взаимное расположение камеры и измеряемого объекта, величину радиальных и тангенциальных искажений камеры, наличие всего объекта в кадре. Фрагментарная съёмка объектов с последующим построением объёмной цифровой модели часто не обеспечивает необходимой точности измерений [1–2].

В настоящее время применение фотограмметрии для диагностирования грузоподъёмных машин, по мнению автора, ограничивается низкой точностью измерений. Настоящая работа содержит описание результатов применения фотограмметрии для оценки деформаций элементов грузоподъёмных машин, анализ основных проблем, возникающих при их обработке и предлагаемые решения по обеспечению необходимой точности. Для повышения точности диагностирования требуется соблюдение ряда условий и рассмотренных критериев оценки.

Одной из задач, решаемых в ходе исследования, была оценка величины деформации задней стенки стойки блоков уравнительного полиспаста, возникшей вследствие аварийной ситуации при эксплуатации крана КПл-16–30. Съёмка выполнялась с квадрокоптера Xiaomi Mi Drone 4K на улице при естественном освещении. Создание облака точек выполнялось в программе 3DF Zephyr Lite на основе видео.

Аппроксимация деформированной поверхности выполнялась сплайн-поверхностью второго порядка с применением функции «loess» про-

граммного комплекса MathCAD. В результате итераций была достигнута максимальная точность при погрешности измерения $\delta = 31\%$. Деформированная поверхность показана на рисунке 1, а её аппроксимация сплайн-поверхностью — на рисунке 2.

Полученную точность нельзя считать удовлетворительной, однако при детальном анализе было установлено, что она является следствием низкой

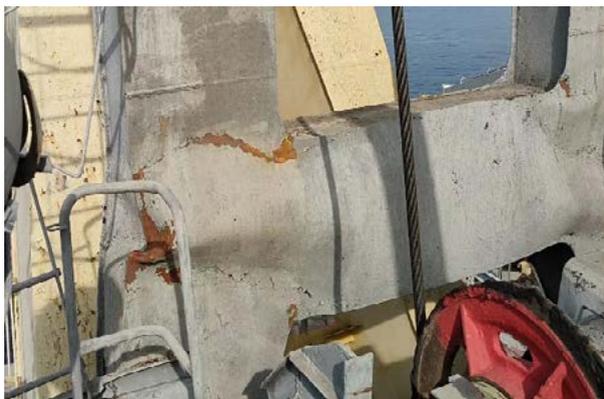


Рисунок 1. Местные деформации задней стенки стойки блока полиспастов КПл-15–30

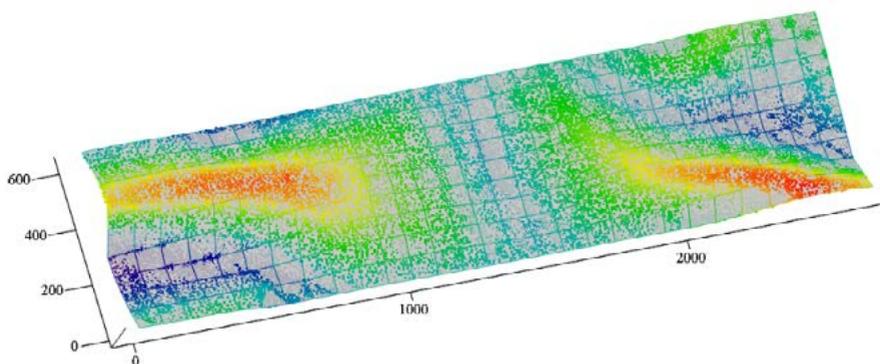


Рисунок 2. Модель деформированной поверхности, аппроксимированная сплайном второго порядка

пластичности поверхности второго порядка при аппроксимации поверхностей с большими изменениями кривизны. Среднеквадратическое отклонение точек от аппроксимированной поверхности составило $\sigma = 32$ мм, что, по-видимому, является следствием низкого качества аппроксимации. При этом коэффициент асимметрии составил всего $\gamma = 0,04$, что является показателем отсутствия ошибочных точек.

При аналогичной аппроксимации результатов фотограмметрии опорного стола вагоноопрокидывателя № 2, имеющего малую постоянную кривизну, относительная погрешность оказалась составила $\delta = 51,1\%$, хотя среднеквадратическое отклонение при этом оказалось малым и составило всего $\sigma = 1,2$ мм. Высокая относительная погрешность объясняется малым абсолютным значением прогиба, поэтому при оценке точности результатов фотограмметрии необходимо учитывать не только относительную погрешность и абсолютные значения отклонения. В таком случае относительную погрешность измерения предлагается определять по формуле (3):

$$\delta = 100\% \cdot \left(6 \cdot \frac{\sigma}{[f]} \right) \tag{3}$$

где $[f]$ — допускаемое значение прогиба согласно паспорту грузоподъемной машины или соответствующим нормативным документам.

Помимо оценки общего деформированного состояния всего элемента, оценивалась деформация по некоторым сечениям конструкции. Для этого из облака извлекались точки, расположенные на расстоянии ± 25 мм от линии исследуемого сечения.

Результаты оценки деформации по среднему сечению (section A-A) распорки стойки блоков уравнильного полиспаста представлены на рисунке 3. На рисунке 3(a) показано расположение сечения A-A на модели, построенной в программе 3DF Zephyr Lite, на рисунке 3(b) показан вид на сечение A-A с облаком точек и аппроксимирующим полиномом 19-го порядка. Относительная погрешность оценки прогиба составила $\delta = 1,4\%$, $\sigma = 1,75$ мм, а асимметрия $\gamma = 0,01$. График плотности распределения отклонения точек от аппроксимирующей кривой, совмещённый с гистограммой экспериментальных данных приведён на рисунке 3(c).

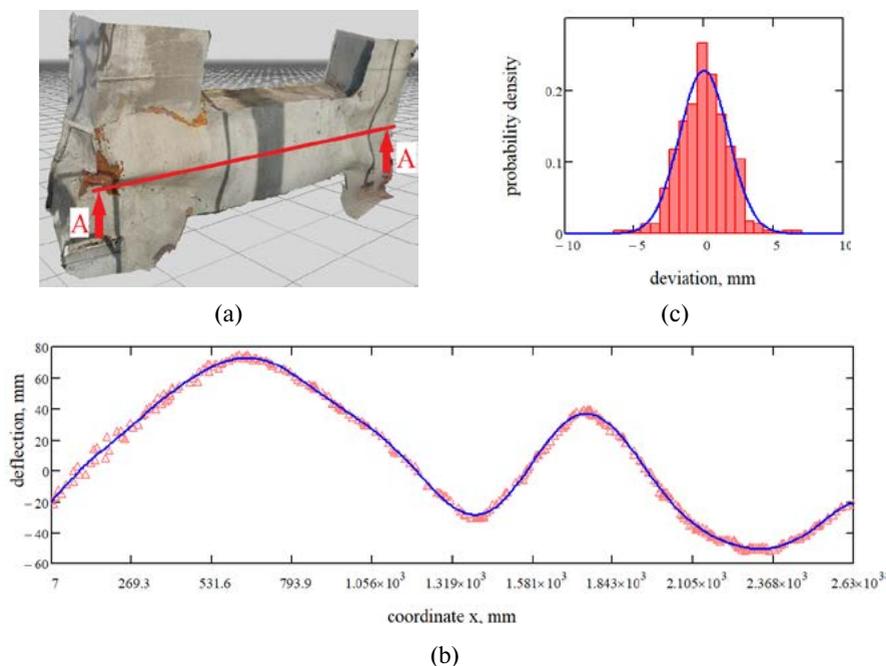


Рисунок 3. Результаты оценки деформации в среднем сечении стойки

Рассмотренный пример показывает, что низкой погрешности измерения деформации даже сложных элементов можно добиться правильным выбором метода обработки результатов фотограмметрии.

Точность оценивалась сравнением результатов фотограмметрии с результатами непосредственных измерений общей и местных деформаций, выполненных на стапеле в ходе ремонтных работ. Расчёт проводился по формуле (2). По результатам проверки погрешность измерения Δ во всех случаях не превышает 10%.

Оценка деформации стержней и балок

Для оценки деформации стержневых элементов конструкции применялись подходы, основанные на моделировании формы изогнутой оси балки или стержня. В настоящий момент методика отработана на стерж-



Рисунок 4. Рейка механизма изменения портального крана “Albrecht”

невых элементах с плоскими поверхностями, изогнутыми в одной из плоскостей и не имеющих деформации кручения.

Оценка деформации рейки механизма изменения вылета крана “Albrecht” выполнялась на основе аппроксимации поверхности её верхнего пояса плоской кривой, расположенной в срединной продольной плоскости рейки. Рейка, показанная на рисунке 4 имеет видимый изгиб в вертикальной плоскости, задачей исследования было определение его величины.

Для решения поставленной задачи была выполнена видеосъёмка рейки с применением квадрокоптера Xiaomi Mi Drone 4K на улице при естественном освещении. Создание облака точек выполнялось в программе 3DF Zephyr Lite на основе видео.

Аппроксимация деформированной оси рейки выполнялась на основе аппроксимации точек верхнего пояса рейки полиномом четвёртого по-

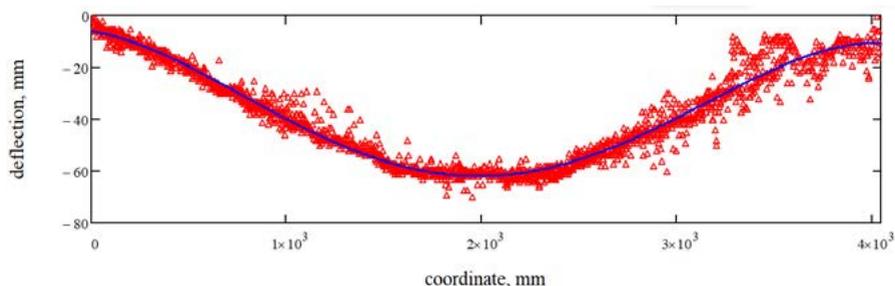


Рисунок 5. Аппроксимация оси рейки портального крана “Albrecht”

рядка с применением функции «regress» программного комплекса MathCAD. В результате итераций была достигнута максимальная точность при погрешности измерения $\delta = 6,0\%$. Аппроксимация деформированной оси рейки показана на рисунке 5.

Среднеквадратическое отклонение составило $\sigma = 4,5\text{mm}$, а коэффициент асимметрии $\gamma = 0,37$. Повышенное значение коэффициента асимметрии объясняется наличием ошибочных точек, соответствующих пластине ограничителя минимального вылета (выпадающие точки видны на рисунке 5 в правой верхней части, а сама пластина на рисунке 4). Проверка точности измерения непосредственными замерами с использованием струны и линейки показала погрешность $\Delta = 5,5\%$.

Менее удачным оказался опыт замера прогиба направляющей электротали грузоподъёмностью 0,5 т в лаборатории грузоподъёмных машин. Несмотря на наличие калибровочных шаблонов, специально разработанных авторами точность измерений не удалось обеспечить на заданном уровне $\delta = 90\%$. Кроме того, значение коэффициента асимметрии также оказалось очень велико $\gamma = 0,87$. Такие низкие результаты, по мнению авторов, объясняются целым комплексом причин: недостаточная освещённость места съёмки, наличие на балке двух электроталей, провода питания к ним и струны, на которой он закреплён. Также стоит отметить, что точность определения линейных размеров — оценка выполнялась по калибровочным шаблонам — оказалась весьма высокой: погрешность не превышает $\Delta \leq 1,2\%$.

Оценка взаимного расположения поверхностей

При обследовании вагоноопрокидывателя № 2, помимо оценки поперечных деформаций стояла задача проверить возможное скручивание металлоконструкции подвижной части. Результаты этой работы оказались не вполне удовлетворительными: измерение углов между поверхностями, расположенными рядом было выполнено с точностью до $0,5^\circ$, а для поверхностей, расположенных на противоположных сторонах вагоноопрокидывателя, расхождение между несколькими замерами составило $1,5...3^\circ$. Причинами таких расхождений являются, по мнению авторов, неудовлетворительные условия

съёмки: низкая освещённость склада, наличие помехи в виде обрабатываемого вагона, съёмка с низкой разрешающей способностью камеры.

При оценке точности аппроксимации авторы предлагают использовать несколько подходов: при больших деформациях оценку погрешности выполнять по формуле (1), при малых — по формуле (3)

В целом, по мнению автора, опыт применения фотограмметрии можно считать успешным, несмотря на наличие определённых трудностей. Однако следует отметить, что предложенная методика съёмки, обработки и анализа результатов обрабатывалась для элементов конструкции с плоскими поверхностями.

Список литературы

1. Korenev V. V., Orlova N. S., Ulybin A. V. and Fedotov S. D. 2018. Building inspection of buildings and structures by means of multicopters and photogrammetry. *Construction of Unique Buildings and Structures* 2(65) 405–8.
2. Barbasov V. K., Orlov P. Y. and Fedorova E. A. 2016. *Primenenie bespylotnykh letatelnykh apparatov dlya obsledovaniya liniy electropredachi. Electricheskiye stancii.* 10 31–35.
3. Costantino D., Pepe M., Alfio V., Carrieri M. 2019. Geomatic Techniques for Monitoring and Verifying of the Wear Condition of the Runways of the Bridge Cranes. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W18* 23–30 DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W18-23-2019.
4. Faresin E. and Salemi G. 2019. Buddhist stele of swat valley: point cloud analysis and interpretation *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W18, 31–37 DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W18-31-2019
5. Ganshkevich A. Y. and Turkin A. G. 2018. *Perspektivy ispol'zovaniya portativnykh letatelnykh apparatov pri tekhnicheskoy diagnostirovaniy gruzopod'emnykh cranov.* [Perspectives for the use of portable aircraft in technical diagnostics of hoisting cranes] *Sbornik dokladov XXI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Interstroyemch-2018"* [Proc. 21st Int. Sci. and Technical Conf. "Interctroyemch-2018"] (Moscow: MGSU Publ.) 298–301 (In Russian).

6. Ganshkevich A. Y., Turkin A. G., Stoyantsov N. M., Shikhov N. S. and Rozov V. V. 2019. [Some aspects of application of unmanned aerial vehicles for technical diagnosing of lifting cranes.] *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Energo- resursocheregouschie tehnologii i oborudovanie v dorojnoy i stroitel’noy otraslyakh”* [Mater. Int. Sci. and Technical Conf. “Energy-saving and resource-saving technologies and equipment in the road and construction industries”] (Belgorod: BSTU Publ.) 22–28 (In Russian).

УДК 665.753.4

Оценка возможностей численного моделирования кинетики каталитического процесса получения арктического дизельного топлива

Ремизов Алексей Львович

инженер-исследователь лаборатории Цифрового инжиниринга технологических процессов подготовки углеводородного сырья Уфимского государственного нефтяного технического университета

Коледин Сергей Николаевич

доцент кафедры Информационных технологий и прикладной математики Уфимского государственного нефтяного технического университета

Аннотация: В большинстве случаев для понимания и исследования различных процессов, в том числе и химико-технологических, необходимо проводить ряд относительно дорогостоящих экспериментов. Однако развитие компьютерных и информационных технологий, а также постепенный рост научных знаний и данных создают необходимую базу для моделирования соответствующих химических процессов. Использование дизельных двигателей, а соответственно и получение качественных дизельных фракций, является особым вопросом для арктических регионов Российской Федерации. В данной статье рассматривается возможность программной реализации и разработки алгоритма компьютерного моделирования каталитического процесса получения арктического дизельного топлива.

Abstract: *In most cases, several relatively expensive experiments are required to understand and investigate various processes, including chemical technological processes. However, the development of computer and information technology and the gradual growth of scientific knowledge and data provide the necessary basis for modeling the chemical processes involved. The use of diesel engines, and consequently obtaining of high-quality diesel fractions, is a special issue for the Arctic regions of the Russian Federation. This paper considers the possibility of software implementation and development of an algorithm for computer modeling of the catalytic process of obtaining Arctic diesel fuel.*

Ключевые слова: *арктические дизельные топлива, гидроизомеризация гексадекана, математическое моделирование, компьютерное моделирование, численное решение системы дифференциальных уравнений.*

Keywords: *arctic diesel fuels, hydroisomerization of hexadecane, mathematical modeling, computer modeling, numerical solution of differential equations system.*

Особым вопросом в сфере эксплуатации двигателей различного назначения является их использование при низких температурах, особенно в районах арктической климатической зоны, в которой средняя дневная температура может опускаться ниже -40°C , а, например, в некоторых регионах Российской Федерации — таких как Республика Саха или отдельные районы Сибири — до -50 – -55°C [1].

В условиях низких температур дизельные двигатели имеют большую эксплуатационную эффективность по сравнению с бензиновым в связи с химическими особенностями топлива. Однако и при использовании дизельных топлив при достаточно низких температурах окружающей среды возникают трудности запуска двигателей, из-за чего возникает потребность в улучшении низкотемпературных свойств [2].

Процесс гидроизомеризации дизельных фракций масел на алюмосиликатных катализаторах является наиболее перспективным малотоннажным способом получения дизельных фракций с низкой температурой застывания [3].

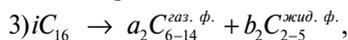
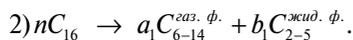
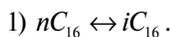
Возможным решением данного вопроса является производство низкозастывающих арктических дизельных топлив.

Одним из наиболее перспективных способов улучшения эксплуатационных характеристик дизельных фракций является процесс каталитической

депарафинизации дизельных фракций. Процесс каталитической депарафинизации основан на селективном гидрокрекинге и гидроизомеризации высших n-парафинов дизельной фракции на бифункциональных катализаторах.

Сырьевым модельным продуктом рассматриваемой многостадийной реакции является n-гексадекан ($C_{16}H_{34}$) — нормальный алкан линейного строения.

На основании полученных экспериментальных данных получена следующая модель химической реакции:



где nC_{16} — n-гексадекан, iC_{16} — изо-гексадекан, $C_{6-14}^{газ. ф.}$ и $C_{2-5}^{жид. ф.}$ — углеводородные продукты в газовой и жидкой фазе соответственно, a_1, a_2, b_1, b_2 — коэффициенты реакции.

Важным параметром исследуемой модели является скорость протекания химической реакции ω :

$$\omega = k C_{A_1}^{a_1} C_{A_2}^{a_2} \dots C_{A_l}^{a_l}$$

где a_l — порядок реакции по веществу A_l , k — константа скорости реакции.

Таким образом, прямая задача сводится к решению системы дифференциальных уравнений, записанных в матричном виде:

$$\frac{d[A]}{dt} = \Gamma^T \bar{\omega}$$

где $\frac{d[A]}{dt}$ — скорость изменения концентрации компонента A , Γ^T — транспонированная стехиометрическая матрица, $\bar{\omega}$ — вектор столбец скоростей стадий.

Множитель k показывает скорость протекания химического процесса при единичной концентрации реагирующих веществ. Так же, как и ско-

рость протекания химической реакции, константа скорости химического процесса является одной из основных величин в химической кинетике.

Наиболее точно с точки зрения термодинамики зависимость между температурой протекания реакции и константой скорости ее протекания описывает уравнение Аррениуса [4]:

$$k = k_0 e^{-E/RT},$$

где k_0 – предэкспоненциальный множитель, E – энергия активации, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, при которой происходит химический процесс.

Значение энергии активации показывает, какой минимальной удельной энергией должны обладать реагирующие вещества для вступления в химическое взаимодействие.

Прологарифмировав уравнение Аррениуса, получим линейную зависимость $\ln k$ от $1/RT$:

$$\ln k = \ln(k_0 e^{-E/RT})$$

$$\ln k = \ln(k_0) + \ln(e^{-E/RT})$$

$$\ln k = \ln(k_0) - \frac{E}{RT}$$

Таким образом, если в качестве исходных данных представлены константы скоростей химических превращений и соответствующие температуры протекания реакций, то величину предэкспоненциального множителя и энергии активации можно вычислить, аппроксимируя исходные данные, например, методом наименьших квадратов, используя в качестве аргумента функции величины $1/RT$, а в качестве значений функции – величины $\ln k$. Поскольку исходный вид зависимости известен, аппроксимирующая кривая будет иметь вид полинома первой степени, коэффициенты которого вычисляются следующим образом:

$$a = -E, b = \ln k_0,$$

$$\ln k = \frac{a}{RT} + b,$$

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n \frac{\ln k_i}{RT_i} - \sum_{i=1}^n \ln k_i \sum_{i=1}^n \frac{1}{RT_i}}{n \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{RT_i} \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{RT_i} \right)^2},$$

$$b = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln k_i - a \sum_{i=1}^n \frac{1}{RT_i} \right),$$

где n – количество точек исходных данных.

Температура реакции, К					Энергия активации E, ккал/моль	Предэкспоненциальный множитель $\ln k_0$
Скорость реакции k	573	593	613	633		
I стадия	0,0296	0,193	0,392	0,592	35,24745014	27,81872886
II стадия	0,00282	0,00314	0,0138	0,014	22,6444724	13,88953218
III стадия	0,00263	0,00475	0,0093	0,03	28,56347758	19,01712925

Рисунок 1. Расчетные данные констант скоростей реакций

Данный метод матричного представления удобен для представления информации в терминах программирования, особенно при использовании высокоуровневых языков программирования, а также реализации численного решения.

Наиболее общими методами решения жестких систем являются неявные методы Рунге-Кутты, Гира и Дормана-Принса, поскольку, в отличие от методов с постоянным шагом дискретизации, данные способы имеют возможность автоматического подбора шага. Например, метод Гира основан на локальном сгущении сеток, что позволяет получать достаточное точное решение в интервалах с быстрым изменением протекания процесса и не допускать избыточности вычислений на плавных участках. Однако недостатком представленных методов является отсутствие возможности оценки погрешности, что допускает значительное отличие фактической погрешности относительно заданной [5].

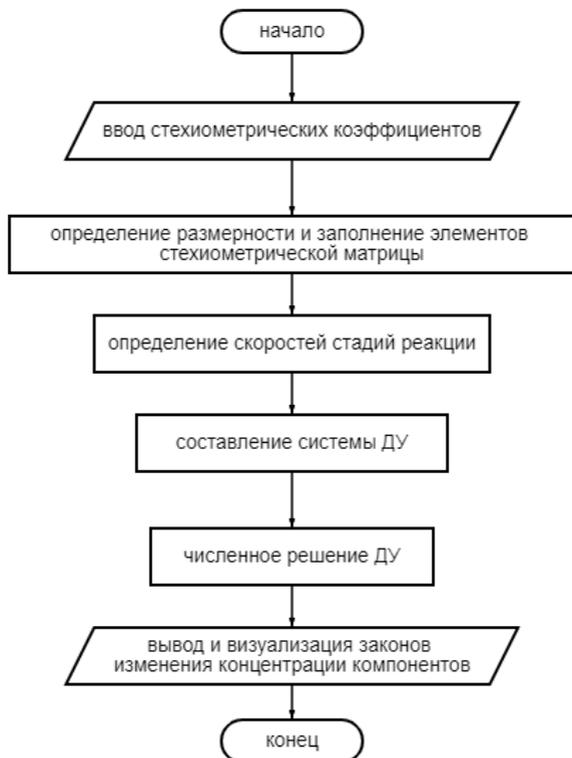


Рисунок 2. Принципиальный алгоритм компьютерного решения задачи

Список литературы

1. Камешков А.В., Гайле А. А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) // Известия СПбГТИ(ТУ). 2015. № 29. С 49–60.
2. Иовлева Е. Л. Получение низкозастывающих дизельных топлив на примере талаканской нефти: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.17.07 / Иовлева Елизавета Лонгиновна. — Якутск, 2016. 24 с.
3. Мойса Р.М., Василина Г.К., Умбеткалиева К.М., Абильдин Т. С. Гидроизомеризация n-гексадекана в присутствии бифункционального ката-

- лизатора на основе AI-HMS // Химический журнал Казахстана. 2019. № 3. С 171–179.
4. Губайдуллин И.М., Сайфуллина Л.В., Еникеев М. Р. Информационно-аналитическая система обратных задач химической кинетики: уч. пособие / И. М. Губайдуллин, Л. В. Сайфуллина, М. Р. Еникеев. // Издательство БашГУ, 2011. 90 с.
 5. Белов А.А., Булатов П.Е., Калиткин Н. Н. Сравнительный анализ алгоритмов автоматического выбора шага для жёстких задач Коши // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2019. № 146. 34 с.

РАДИОТЕХНИКА

УДК 004.056

Радиоперехват IoT трафика

Манжула Константин Алексеевич

факультет Инфокоммуникационных сетей и систем
Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

Бударный Глеб Сергеевич

факультет Инфокоммуникационных сетей и систем
Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

***Аннотация:** Тема радиоперехвата IoT трафика крайне актуальна в наше время и имеет большое значение в области информационной безопасности и развития интернета вещей. Вот несколько причин, почему эта тема остается актуальной:*

***Быстрое развитие IoT:** С каждым годом количество устройств IoT по всему миру продолжает стремительно расти. Эти устройства охватывают широкий диапазон областей, от умных домов и городов до промышленных и медицинских систем. Учитывая такой быстрый рост, важно понимать уязвимости, связанные с беспроводной передачей данных.*

***Безопасность IoT устройств:** Многие устройства IoT разрабатываются с учетом экономии ресурсов, и это может привести к недостаточной защите данных и коммуникаций. Радиоперехват может помочь выявить уязвимости в безопасности беспроводных протоколов, используемых в устройствах IoT.*

***Конфиденциальность данных:** Многие устройства IoT передают чувствительные данные, и защита конфиденциальности этих данных является критически важной. Радиоперехват может помочь выявить проблемы с шифрованием и защитой данных, передаваемых через беспроводные сети.*

***Исследования и разработки:** для разработчиков и исследователей в области IoT важно иметь возможность изучать потоки данных, генерируемые устройствами IoT. Радиоперехват может помочь в понимании стандартов связи, протоколов и взаимодействия устройств в сети.*

Последствия в случае нарушения безопасности: Отсутствие адекватной безопасности в устройствах IoT может иметь серьезные последствия, включая утечку конфиденциальной информации, вторжение в частную жизнь или даже физические угрозы. Понимание уязвимостей через радиоперехват поможет в предотвращении подобных инцидентов.

Учитывая эти факторы, актуальность темы радиоперехвата IoT трафика остается высокой в наше время, и исследования в этой области могут привести к улучшению безопасности устройств интернета вещей и защите данных пользователей.

Abstract: *The topic of radio interception of IoT traffic is extremely relevant today and is of great importance in the field of information security and the development of the Internet of Things. Here are a few reasons why this topic remains relevant.*

First, it is the rapid development of IoT. Each year, the number of IoT devices around the world continues to grow rapidly. These devices cover a wide range of areas, from smart homes and cities to industrial and medical systems. Given this rapid growth, it is important to understand the vulnerabilities associated with wireless data transmission.

Second, it is the IoT device security. Many IoT devices are designed with resource conservation in mind, and this can lead to inadequate data and communications security. Radio interception can help identify security vulnerabilities in wireless protocols used in IoT devices.

Third, it is data privacy. Many IoT devices transmit sensitive data, and protecting the privacy of this data is critical. Radio interception can help identify problems with encryption and security of data transmitted over wireless networks.

Forth reason includes research and development as it is important for IoT developers and researchers to be able to study the data streams generated by IoT devices. Radio interception can help in understanding communication standards, protocols, and the interaction of devices on the network.

And the last one is the consequences in the event of a security breach. Lack of adequate security in IoT devices can have serious consequences, including leakage of sensitive information, invasion of privacy, or even physical threats. Understanding vulnerabilities through radio interception will help in preventing such incidents.

Given these factors, the relevance of the topic of radio interception of IoT traffic remains high today, and research in this area can lead to better security of Internet of Things devices and protection of user data.

Ключевые слова: *интернет вещей (IoT), радиоперехват, безопасность и анализ работы устройств*

Keywords: *internet of things (IoT), radio interception, security and device performance analysis*

Введение

Радиоперехват IoT (интернета вещей) трафика представляет собой процесс мониторинга и захвата беспроводного сетевого трафика, передаваемого между устройствами, включая датчики, умные устройства, умные дома, медицинские устройства, автомобили и другие компоненты IoT инфраструктуры. Радиоперехват позволяет анализировать и записывать данные, передаваемые по беспроводным каналам связи, включая Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave и другие протоколы.

Значение радиоперехвата IoT трафика

Радиоперехват IoT трафика имеет большое значение в контексте обеспечения безопасности и анализа работы устройств интернета вещей. Путем анализа радиосигналов, передаваемых между устройствами, их сетевыми хабами и облачными серверами, исследователи, разработчики и специалисты по информационной безопасности могут выявлять уязвимости, анализировать протоколы и методы шифрования, а также изучать поведение устройств в сети. Кроме того, радиоперехват позволяет обходить защищенные сети и считывать передаваемые данные, что может быть использовано как в целях исследования, так и в целях злоупотребления.

Методы проведения радиоперехвата IoT трафика

Проведение радиоперехвата IoT трафика может осуществляться с помощью специализированных устройств, таких как SDR (Software-Defined Radio) или анализаторы сетевого трафика, поддерживающие беспроводные стандарты. Существуют различные инструменты, такие как Wireshark, GNU Radio, и специализированные программно-аппаратные решения, которые позволяют захватывать, анализировать и интерпретировать радиосигналы IoT устройств.

Возможные последствия радиоперехвата IoT трафика

Радиоперехват IoT трафика может привести к серьезным последствиям, включая утечку конфиденциальной информации, компрометацию

чувствительных данных, а также возможность злоупотребления уязвимостями для вторжения в системы IoT. Исследователи могут использовать радиоперехват для выявления уязвимостей и создания патчей безопасности, однако злоумышленники также могут использовать этот метод для незаконного доступа к устройствам IoT и их данным.

Заключение

Радиоперехват IoT трафика играет важную роль в области исследований, разработки и информационной безопасности. Этот процесс позволяет специалистам глубже понять принципы работы устройств IoT, выявить уязвимости и улучшить общую безопасность сетей интернета вещей. В то же время, необходимо обеспечить конфиденциальность и защиту данных, передаваемых умными устройствами, соблюдая нормативные требования и рекомендации по информационной безопасности.

Таким образом, радиоперехват IoT трафика представляет собой важный инструмент для исследования и обеспечения безопасности сетей интернета вещей, который требует осознанного и ответственного подхода в свете растущего числа устройств, подключенных к Интернету.

Список литературы

1. Kutuzov D., Osovskiy A., Stukach O. Modeling of interconnection process in the parallel spatial switching systems // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Moscow; 12–14 May 2016. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7491852>
2. Kutuzov D., Osovsky A., Stukach O., Starov D. CPN-based model of parallel matrix switchboard // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Moscow, March 14–16, 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8337180>
3. ГОСТ Р 71118–2023 от 18.08.2020 Информационные технологии. Интернет Вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 2. Совместимость на транспортном уровне № ИСО/МЭК 21823–2:2020 // РОССТАНДАРТ.— 2020 г. — Ст. 1.

4. ГОСТ Р 34.12–2015 от 19.06.2015 Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры // Национальный стандарт Российской Федерации.— 2015 г. — Ст. 1.
5. Баев Д.А., Волков Р.О., Зонов А. Д. Мониторинг безопасности в ИОТ-сетях // StudNet.— 2021.— № 6. — С. 1122.
6. Гатиятуллин Т.Р., Сухова А.Р. К вопросам обучения основам информационной безопасности сотрудников предприятия // Символ науки.— 2015.— № 12. — С. 129.
7. Халявин Н.И., Иванчук М.А., Джураева Д. Х. Программа повышения осведомленности сотрудников в вопросах информационной безопасности // Сборник материалов X Международной научно-практической конференции.— 2022. — С. 247.
8. Гельфанд А.М., Казанцев А.А., Красов А.В., Уляшева В.Р. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. сборник научных статей: в 4х томах. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Санкт-Петербург, 2021. С. 215–220.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Журнал «Научный аспект №2 2024»

Эл. почта редакции: public@na-journal.ru

Подробнее на сайте: <https://na-journal.ru>