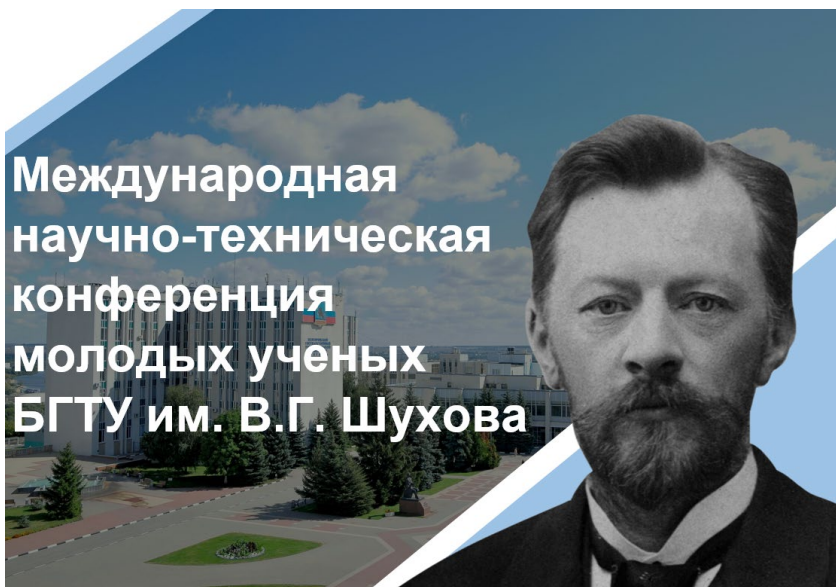


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



Сборник докладов

Часть 12

**Автоматизация и оптимизация технологических
процессов и производств**

**Белгород
29-30 мая 2025 г.**

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

**Международная научно-техническая конференция
молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова
[Электронный ресурс]:**
М 43 Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 12. – 203 с.

ISBN 978-5-361-01461-3

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01461-3

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ РУКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Движения пальцев при выполнении жестов контролируются в основном внешними мышцами, расположенными в предплечье. Эти мышцы классифицируются в зависимости от их функций:

Сгибатели - это группа мышц, расположенная в передней части предплечья. Группа состоит из

- Поверхностный сгибатель пальцев (Flexor digitorum superficialis, FDS)
- Глубокий сгибатель пальцев (Flexor Digitorum Profundus, FDP)
- Сгибатель большого пальца (Flexor Pollicis Longus, FPL)

Разгибатели - это группа мышц, расположенных на тыльной стороне предплечья):

- Разгибатель пальца (Extensor digitorum)
- Разгибатель указательного пальца (Extensor indicis)
- Разгибатель пальцев (Extensor digiti minimi)
- Разгибатель длинного мышечка (Extensor pollicis longus)
- Разгибатель короткого мышечка (Extensor pollicis brevis):

Эти мышцы берут начало в предплечье и посредством длинных сухожилий прикрепляются к костям кисти и пальцев, обеспечивая как мощные, так и точные движения, необходимые для выполнения различных жестов.

Электромиография ЭМГ - это метод измерения электрической активности, возникающей в мышцах. Когда мышца сокращается, мозг посылает сигнал через двигательный нейрон, в результате чего на поверхности кожи возникает разность потенциалов, обычно в диапазоне от 30 микровольт до 50 милливольт. ЭМГ-схемы предназначены для улавливания этих слабых биосигналов и их последующего усиления (до уровня 1–2 В), что делает возможным их обработку такими устройствами, как, например, микроконтроллер Arduino. Классическая схема ЭМГ-системы включает три электрода: два из них располагаются на целевой мышце для регистрации активности, а один – опорный, устанавливается на кость или удерживается в руке. Обычно применяются "влажные" электроды с проводящим гелем для

ЭМГ играет ключевую роль в распознавании жестов рук, фиксируя электрические сигналы, возникающие при сокращении мышц предплечья и кисти. Поверхностные электроды улавливают эти сигналы, после чего они анализируются для определения конкретного жеста. Эта технология широко применяется в человеко-машинных интерфейсах, протезировании и робототехнике. Она позволяет точно управлять внешними устройствами, преобразовывая мышечную активность в осмысленные команды, что значительно расширяет возможности управления и взаимодействия в различных сферах.



Два ЭМГ-датчика на основе AD8226 используются с Arduino для считывания сигналов от мышц, расположенных на предплечье. Ниже приведено изображение размещения электродов на определенных мышцах предплечья.

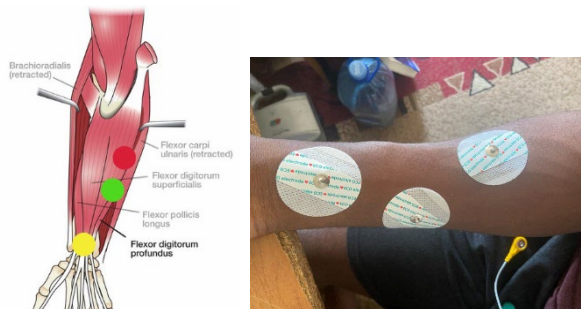


Рис. 3 Электроды, размещенные на передней стороне предплечья

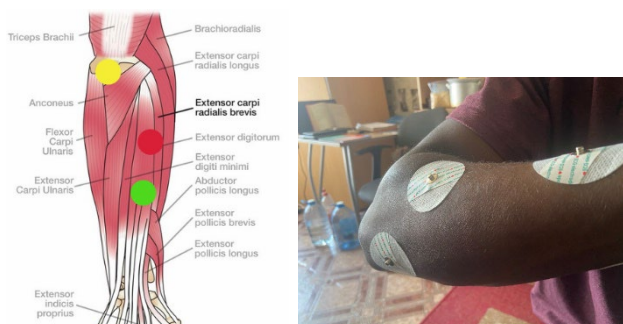


Рис. 4 Электроды, размещенные на тыльной стороне предплечья

Желтый электрод является эталонным (заземляющим) электродом, красный электрод активен и расположен в центре целевой мышцы, а зелёный активный электрод устанавливается на несколько сантиметров от красного, чтобы сфокусироваться на краю целевой мышцы.

Помимо ЭМГ-датчика, к Arduino подключена 4x4 клавиатура. Её назначение — считывать каждый жест пальца, предварительно запрограммированный в коде, загруженном в Arduino. Таким образом, каждому жесту пальца соответствует определённая клавиша, нажимаемая на 4x4 клавиатуре.

Для питания электромагнитных датчиков также требуется 9-вольтовая батарея. Ниже приведена принципиальная схема подключения.

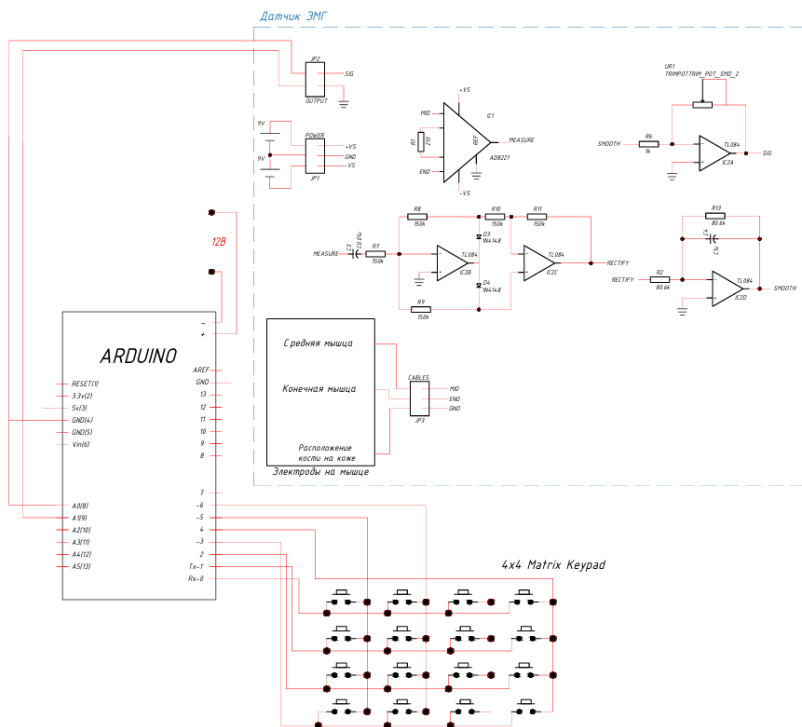


Рис. 5 Принципиальная схема

После считывания данных с ЭМГ-датчиков, они сохраняются и обрабатываются для выявления ЭМГ-сигналов, вызвавших каждый жест руки. Для определения частоты ЭМГ-сигналов, соответствующих каждому жесту, строятся гистограммы. Ниже представлены гистограммы, построенные на основе данных, полученных из считанных сигналов.

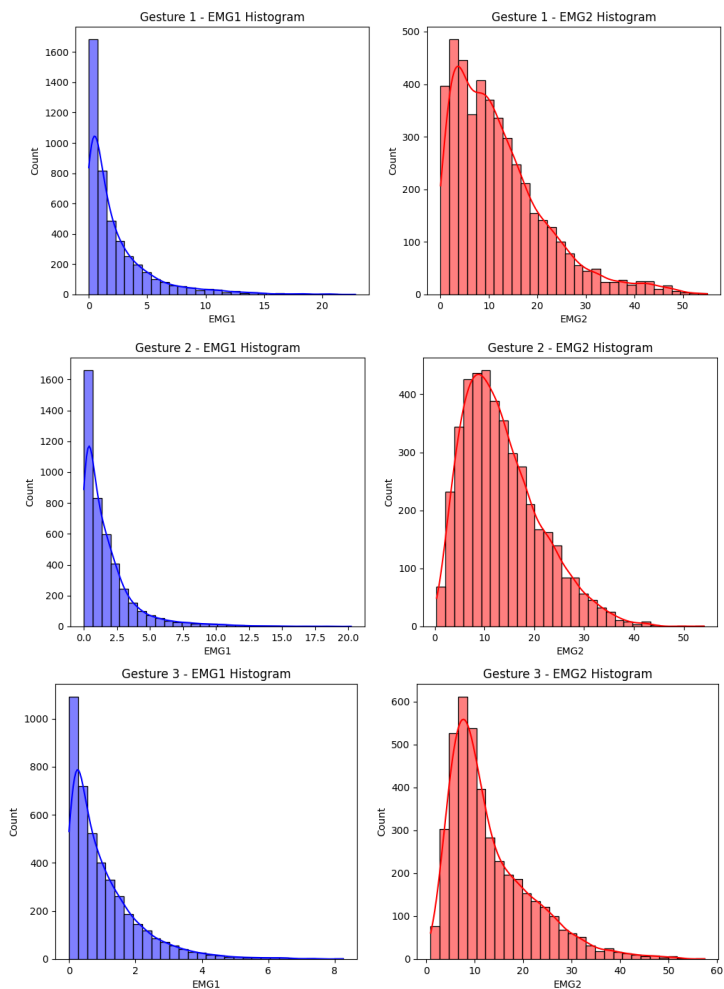


Рис. 6 Гистограмма ЭМГ-сигналов для 3-х различных жестов

Используя данные из гистограмм, а также дополнительные этапы предварительной обработки данных, устраняется шум в сигналах, и с помощью вычислений, основанных на таких методах, как математические ожидания и скорость появления конкретного сигнала с течением времени, можно определить набор сигналов, соответствующий каждому жесту. Это также можно сделать, обучив модель машинного обучения..

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Muscles of the Hand. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://teachmeanatomy.info> (дата обращения 28.04.2025)
2. Flexor Digitorum Profundus. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.physio-pedia.com> (дата обращения 28.04.2025)
3. Electromyography (EMG) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.mayoclinic.org> (дата обращения 29.04.2025)
4. Рубанов В.Г. Проектирование робототехнических систем и комплексов / Бушуев Д.А., Бажанов А.Г., Ващенко Р.А. // Белгород: Изд-во БГТУ. –2020. – 190 с.

УДК 681.1

Авофуйе А.Д.

Научный руководитель: Кариков Е. Б., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ЭМГ)

Верхняя конечность необходима для повседневной деятельности человека, и ее потеря будь то из за ампутации, паралича или врожденных заболеваний - может серьезно повлиять на независимость и качество жизни. Технологии протезирования дают надежду на восстановление прежнего уровня автономии, и в настоящее время используются четыре основных типа протезов: косметические, механические, миоэлектрические и гибридные. Миоэлектрические протезы, которые интерпретируют сигналы, генерируемые мышцами при электромиографии (ЭМГ), показали большие перспективы в плане интуитивного и естественного управления. Несмотря на трудности с воспроизведением сложных движений конечностей, достижения в области систем, основанных на ЭМГ, позволили управлять такими устройствами, как компьютерные курсоры и роботизированные конечности, повышая функциональность и прокладывая путь к интеграции сенсорной обратной связи. Поверхностные ЭМГ-сигналы, будучи неинвазивными и тесно связанными с мышечной активностью, позволяют разрабатывать чувствительные протезы, которые распознают четкие жесты рук, предлагая пользователям более естественное взаимодействие и повышенную независимость.

Система предназначена для получения необработанных ЭМГ-данных с микроконтроллера (например, Arduino), извлечения релевантных признаков в реальном времени и классификации жестов руки с помощью предварительно обученной модели машинного обучения. Результаты классификации передаются во внешнее приложение, такое как Simulink или систему управления протезом. Ниже подробно описаны основные этапы данного процесса.

На первом этапе загружается предварительно подготовленная модель машинного обучения и соответствующий модуль масштабирования функций [1]. Это необходимо для обеспечения баланса между учебной и рабочей средами. Модель, обученная в автономном режиме на основе временных и частотных характеристик сигналов ЭМГ, выполняет задачу распознавания, в то время как нормализатор (StandardScaler) обеспечивает приведение новых данных в соответствие со шкалой, используемой при обучении. Этот шаг критически важен для поддержания высокой точности классификации. Модель была обучена с использованием классификатора catboost из семейства классификаторов Gradient boosting. Классификатор машинного обучения был создан и запущен на python.

На рисунке 1 представлена схема обработки сигналов и классификации в реальном времени, разработанная для распознавания жестов на основе электромиографических (ЭМГ) данных.



Рис. 1. Алгоритм моделирования работы бионического манипулятора

После инициализации модели происходит настройка каналов

связи. Система открывает последовательный порт для приема данных от оборудования для регистрации сигналов ЭМГ (например, Arduino), которое, как правило, передает значения с одного или нескольких датчиков ЭМГ с фиксированной скоростью (например, 115200 бод). В то же время инициализируется сокет UDP (User Datagram Protocol) для передачи результатов распознавания жестов во внешние системы, такие как MATLAB/Simulink. Протокол UDP был выбран из-за его низкой задержки, что критически важно для задач управления в реальном времени. Система непрерывно считывает поступающие данные с последовательного порта[2]. Данные, как правило, представляют собой строки значений, разделённых запятыми, отражающие уровень сигнала от одного или нескольких ЭМГ-каналов. Эти значения накапливаются в буфере скользящего окна фиксированной длины (например, 100 отсчётов), что позволяет выполнять извлечение признаков во временном интервале, а не на основе отдельных отсчётов, подверженных шуму.

После накопления достаточного количества данных из окна извлекаются информативные признаки[3]. Используются как временные, так и частотные характеристики, доказавшие свою эффективность в анализе ЭМГ-сигналов:

- Среднеквадратичное значение (RMS): оценивает мощность сигнала и коррелирует с интенсивностью мышечного сокращения.
- Среднее по модулю (MAV): простая оценка уровня мышечной активности.
- Частота нулевых переходов (ZCR): характеризует частотную составляющую, показывая, насколько часто сигнал пересекает ноль.
- Длина формы волны (WL): отражает сложность сигнала, вычисляемую как сумма модулей разностей между соседними отсчётами.
- Пиковая частота FFT: доминирующая частота сигнала, определяемая на основе быстрого преобразования Фурье.

Извлечённые признаки формируют вектор, который затем нормализуется с использованием предварительно загруженного масштабатора.

Нормализованный вектор признаков подаётся на вход классификатору машинного обучения, который выдаёт метку класса, соответствующую распознанному жесту. Полученная метка передаётся через заранее настроенный UDP-сокет во внешнюю систему. В рамках данного проекта метка может соответствовать конкретному движению протеза руки, моделируемому и управляемому в среде, такой как MSC Adams, через Simulink.

Интерфейс обмена данными на основе UDP. В системах управления в реальном времени, особенно в тех, где осуществляется интерпретация биосигналов с последующим управлением внешними устройствами, необходимо обеспечить эффективный и малозадерживающий обмен данными между подсистемами[4]. В разработанной системе в качестве протокола передачи данных используется UDP (User Datagram Protocol) — для отправки результатов классификации жестов, полученных на основе ЭМГ-сигналов, из среды Python во внешнюю платформу управления, такую как MATLAB/Simulink. В данном разделе подробно рассматривается архитектура и принципы функционирования этого канала связи.

UDP — это лёгкий протокол транспортного уровня, входящий в стек протоколов IP. В отличие от TCP, он не устанавливает постоянного соединения между отправителем и получателем, а передаёт данные в виде отдельных пакетов (датаграмм), не обеспечивая гарантированной доставки или упорядочивания. Благодаря низким накладным расходам и высокой скорости передачи, UDP особенно подходит для задач в реальном времени, где приоритет отдается скорости реакции системы, а не надёжности доставки.

В рассматриваемой системе UDP используется для передачи числовых меток, соответствующих распознаным жестам, которые формируются на основе анализа электромиографических сигналов. Поскольку классификация выполняется с высокой частотой (например, каждые 100–200 миллисекунд), использование UDP обеспечивает необходимую пропускную способность и минимальную задержку.

В данной конфигурации IP-адрес 127.0.0.1 указывает на локальный интерфейс (loopback), т.е. передача происходит внутри одного компьютера. Указанный порт должен точно совпадать с параметрами, заданными в Simulink. Метод `sendto()` осуществляет отправку датаграммы с данными о распознанном жесте.

На стороне получателя — в среде Simulink — используется блок UDP Receive из набора инструментов Instrument Control Toolbox. Этот блок позволяет непрерывно слушать указанный порт и принимать UDP-пакеты.

Настройки блока приёма:

Параметр	Значение
Local IP address	127.0.0.1 или оставить пустым
Local port	5500
Data type	uint8, double и т.д.
Data size	1 (одна метка жеста)

После приёма данных блок преобразует их в сигнал Simulink,

который может быть использован для управления протезом, визуализации движения или взаимодействия с физической моделью (например, в среде MSC Adams).

Поток данных и особенности временной синхронизации. Передача осуществляется асинхронно и без подтверждения получения. Скрипт Python отправляет метку классификации сразу после её генерации, вне зависимости от текущего состояния Simulink. Такая архитектура обеспечивает высокую отзывчивость системы. Даже при потере отдельных пакетов новый результат будет передан через короткий интервал времени, что не приведёт к существенным сбоям в работе.

Последовательность обмена данными выглядит следующим образом:

1. Сигнал ЭМГ поступает с датчиков в скрипт на Python.
2. Выполняется извлечение признаков и классификация.
3. Метка распознанного жеста передаётся по UDP.
4. Simulink принимает метку и использует её для управления или моделирования.

В MATLAB для того, чтобы функциональный блок поддерживал выходы из предыдущего допустимого состояния, даже если текущий жест не соответствует ни одному другому случаю (и в противном случае впадает в бездействие), последние допустимые выходы должны быть сохранены, а не сброшены в ноль. Постоянные переменные были реализованы для сохранения прежних значений. В MATLAB постоянные переменные могут использоваться внутри функции для хранения последних действительных выходных данных и повторного использования их при необходимости. Код на python обрабатывает ошибки с помощью блоков try-except, которые гарантируют, что любые искаженные строки или ошибки синтаксического анализа не приведут к сбою программы.

В заключение, также были настроены показатели производительности а для определения точности модели с использованием отчета `classification_report` от `scikit-learn` для периодического вычисления и отображения точности, прецизионности и других соответствующих показателей. Для достижения этой цели был реализован метод определения достоверности данных, гарантирующий, что клавиатура отправляет уникальный идентификатор для каждого класса жестов и что этот ввод синхронизирован с данными EMG[6]. Ниже приведены показатели производительности во время тестирования в режиме реального времени.

Таблица - Отчет о классификации

Жест	Precision	Recall	F1-score	Support
5	0,75	0,69	0,72	209
6	0,85	0,66	0,74	108
7	0,76	0,99	0,86	337
8	0,75	0,65	0,70	282
9	0,00	0,00	0,00	24
Точность			0,76	960
Среднее значение макроса	0,62	0,60	0,60	960
Средневзвешенное значение	0,75	0,76	0,75	960

Precision измеряет правильность положительных прогнозов. Высокая точность указывает на меньшее количество ложных срабатываний. Recall измеряет способность модели идентифицировать все соответствующие случаи. Высокая точность указывает на меньшее количество ложноотрицательных результатов. F1-score. среднее значение точности и отзыва, обеспечивающее баланс между ними. Support: Показывает, сколько раз датчик ЭМГ считывал жест.

Модель достигает общей точности в 76%, что указывает на то, что она правильно предсказывает метки классов для 76% экземпляров. Среднее значение макроса показывает среднее значение для всех классов, независимо от их поддержки (количества экземпляров). Средние значения точности, отзыва и F1 для макросов составляют около 60%, что говорит о том, что производительность модели варьируется в зависимости от класса. Средневзвешенное значение - это среднее значение, учитывающее поддержку каждого класса. При значениях около 75% это указывает на то, что модель работает лучше в классах с большим количеством экземпляров, но это может маскировать низкую производительность в менее часто используемых классах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Interfacing EMG Muscular Signal Sensor with Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://electropeak.com> (дата обращения 10.05.2025)
2. Circular Buffer in Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://thingsdaq> (дата обращения 10.05.2025)
3. Feature extraction from EMG signals [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://library.fiveable.me> (дата обращения 10.05.2025)

10.05.2025)

4. UDP Communication - Python Wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://wiki.python.org> (дата обращения 10.05.2025)

5. Classification: Accuracy, recall, precision, and related [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://developers.google.com> (дата обращения 11.05.2025)

6. Рубанов В.Г. Проектирование робототехнических систем и комплексов / Бушуев Д.А., Бажанов А.Г., Ващенко Р.А. // Белгород: Изд-во БГТУ. – 2020. – 190 с.

УДК 004

Акуппа Ю.А., Чикин Н.А.

Научный руководитель: Алексеевский С.В., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Современные роботизированные комплексы в настоящее время находят широкое применение в различных областях, от автоматизированных производств до здравоохранения и сферы услуг. Традиционные системы управления, основанные на жёстко заданных алгоритмах, демонстрируют недостаточную эффективность при взаимодействии с непредсказуемой средой и меняющимися обстоятельствами. В связи с этим, особую актуальность приобретают методы адаптивного управления, опирающиеся на достижения искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО).

Ключевым преимуществом интеллектуальных систем управления является их способность к самообучению и адаптации в процессе эксплуатации. Это позволяет роботизированным системам успешно функционировать в условиях динамично меняющихся условий, снижая необходимость в постоянном вмешательстве со стороны человека. В данном исследовании будут рассмотрены наиболее перспективные направления использования ИИ и МО для решения задач адаптивного управления роботами.

Методы машинного обучения в управлении роботами

Одним из наиболее перспективных подходов представляется использование глубокого обучения с подкреплением (Deep Reinforcement Learning, DRL).

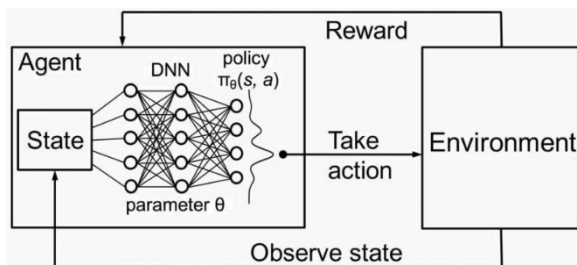


Рис. 1 Структура связи глубокого машинного обучения DRL

Данный подход, представленный на рисунке 1, сочетает в себе особенности глубоких нейронных сетей и парадигмы обучения с подкреплением, позволяя роботу самостоятельно вырабатывать оптимальные стратегии управления посредством взаимодействия со средой.

Практическое применение DRL демонстрирует высокую эффективность в задачах навигации мобильных роботов, где требуется адаптация к изменяющейся обстановке. Алгоритмы типа DQN, PPO и SAC успешно применяются для управления промышленными манипуляторами, давая возможность оптимизировать траектории движения и минимизировать энергозатраты.

Большое значение имеют методы обработки сенсорных данных. Сверточные нейронные сети (CNN) обеспечивают высокоточное распознавание объектов по данным камер, что особенно важно для коллаборативных роботов, работающих в непосредственной близости от человека. Рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM) используются для предсказания динамики сложных процессов, что увеличивает точность управления.

Практические реализации

В области промышленной робототехники искусственный интеллект активно внедряется. Пример тому – компания Fanuc (см. Рис. 2), внедрившая систему автоматической настройки промышленных роботов-манипуляторов, основанную на методах машинного обучения. Реализация этой системы позволила добиться сокращения времени переналадки оборудования на внушительные 50%.



Рис. 2 Роботы манипуляторы компании Fanuc

Манипуляторы вида ABB применяют алгоритмы компьютерного зрения для автоматического определения местоположения деталей, что существенно увеличивает точность сборочных процессов.

В медицинской робототехнике системы на основе искусственного интеллекта показывают внушительные результаты. Хирургические роботы da Vinci (см. Рис. 3) используют машинное обучение для адаптации к индивидуальным анатомическим особенностям пациентов, благодаря чему повышается точность хирургических вмешательств и сокращается период реабилитации. Параллельно ведутся разработки систем автоматической диагностики, основанных на анализе медицинских изображений.



Рис. 3 Хирургические роботы da Vinci

Автономные транспортные средства – ещё один значительный вектор развития технологий. Компании, такие как Tesla и Waymo, полагаются на сложные нейросетевые системы, чтобы анализировать данные, поступающие от многочисленных сенсоров, и мгновенно

принимать решения. Ключевым аспектом является разработка алгоритмов предсказания поведения иных участников дорожного движения.

Перспективы развития

Одним из многообещающих направлений развития представляется создание цифровых двойников для роботизированных комплексов. Данный метод даёт возможность тренировки управляющих программ в искусственной среде. Это значительно увеличивает уровень безопасности и уменьшает затраты на эксперименты, по сравнению с реальными тестами. Технологии федеративного обучения раскрывают большие возможности для общего улучшения алгоритмов, устраняя потребность в передаче закрытой информации.

Развитие в сфере нейроморфных вычислений предвещает революцию в области энергоэффективных ИИ-систем. Специальные процессоры, повторяющие работу нейронов головного мозга, обеспечат заметное снижение энергопотребления систем управления при сохранении высокой производительности.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) расширяет возможности в разработке адаптивных систем управления роботизированными комплексами. Описанные подходы демонстрируют значительную результативность при решении обширного спектра реальных задач. Но для их повсеместного внедрения необходимо преодолеть несколько технологических препятствий. К ним относятся значительные требования к вычислительным мощностям и потребность в обеспечении безопасности автономных решений. Последующие исследования должны быть ориентированы на создание более производительных и отказоустойчивых алгоритмов управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров А.Н., Кузнецова Е.В. Глубокое обучение в технических системах. - СПб.: БХВ-Петербург, 2022. - 412 с.
2. Johnson M. et al. Adaptive Control Algorithms for Industrial Robots // IEEE Transactions on Robotics. - 2022. - Vol. 38, No 4. - P. 2145-2160.
3. Чжан Ли. Нейросетевые методы обработки сенсорных данных. - Новосибирск: Наука, 2021. - 278 с.
4. Воронцов К.В. Машинное обучение в технических приложениях. - М.: МГТУ им. Баумана, 2021. - 512 с.
5. Kim S.-H. et al. Real-Time Control Systems for Collaborative Robots // Robotics and Autonomous Systems. - 2023. - Vol. 159. - P. 104-115.

6. Международная научно-практическая конференция "Цифровая трансформация промышленности": сборник трудов. - Екатеринбург: УрФУ, 2023. - 672 с.

7. Степовой А.А., Рубанов В.Г. Повышение живучести мобильного робота с использованием аппарата нейронных сетей. Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т.; под общ. ред. А.А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2019;3:26-29

УДК 004

Акуппа Ю.А., Чикин Н.А.

Научный руководитель: Алексеевский С.В., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

HUMAN-ROBOT COLLABORATION (HRC): БЕЗОПАСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЮДЕЙ И РОБОТОВ

Современное промышленное производство претерпевает глубокие изменения, вызванные интеграцией систем совместной работы людей и роботов, сокращенно HRC (Human-Robot Collaboration). В отличие от устаревших схем автоматизации, где роботы действовали обособленно, HRC подразумевает прямое взаимодействие человека и машины в едином рабочем пространстве. Данная технология приобретает все большую значимость в таких отраслях, как автомобилестроение (например, Volkswagen и Toyota), авиационная промышленность (Boeing и Airbus), производство электроники (Foxconn, Samsung) и фармацевтика (Pfizer, Novartis). Однако, подобное тесное сотрудничество требует кардинально новых решений для обеспечения безопасности. Актуальные научные изыскания показывают, что продуманное внедрение HRC способно повысить производительность на 30-50%, при этом снизив количество несчастных случаев на производстве на 25%.

1. Основные принципы Human-Robot Collaboration

Современные системы HRC подразумевают три основных типа взаимодействия. В автомобильной индустрии, на примере немецких заводов BMW представленных на рисунке 1, мы видим пример коэкзистенции: роботы специализируются на сварке кузовов, в то время как люди осуществляют контроль качества в одном и том же цеху.

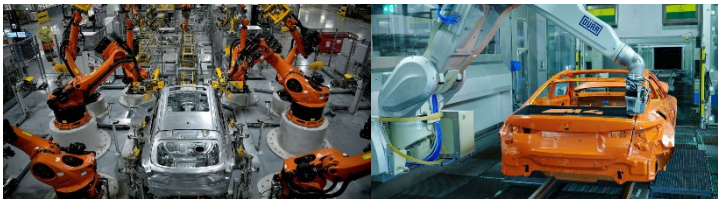


Рис. 1. Роботизированные немецкие заводы BMW

Координация отчетливо видна на сборочных линиях Tesla, где роботы подают тяжелые компоненты операторам для окончательной сборки. Наиболее высокий уровень – совместная работа – демонстрируют роботы KUKA на предприятиях Airbus (Рис. 3), где люди и роботы совместно монтируют элементы фюзеляжа.



Рис. 2 Роботы KUKA на заводах Airbus

Для обеспечения безопасности в этих процессах используются комбинации ограничителей усилия (power and force limiting), систем машинного зрения и тактильных сенсоров.

2. Технологии обеспечения безопасности в HRC

Современные методы обеспечения безопасности в системах взаимодействия человека и робота (HRC) базируются на многогранной обороне. В качестве примера можно привести предприятие Bosch в Штутгарте, где внедрена система защиты, использующая лазерные сканеры Sick microScan3. Эти сканеры формируют защитные поля, простирающиеся на расстояние до 5,5 метров. В сфере медицинской робототехники, например, в системе da Vinci Xi, применяются стереоскопические камеры, обеспечивающие позиционирование с точностью до 0,1 мм. Наиболее передовые решения, такие как тактильная "кожа" для роботов от Shadow Robot Company (Рис. 3), способны фиксировать контакт с силой всего в 0,2 Н.



Рис. 3. Роботы компании Shadow Robot Company

Алгоритмы адаптивного управления, применяемые в коботах (коллаборативных роботах) от Universal Robots, позволяют изменять скорость движения с погрешностью до 0,01 м/с при приближении человека.

3. Международные стандарты и нормативы

Стандартизация взаимодействия человека и робота (HRC) шагает в ногу с прогрессом в технологиях. Нормативы для промышленных роботов нашли отражение в ISO 10218-1/2, что подтверждается практикой сертификации производств, как это реализовано, к примеру, на заводах General Motors. Стандарт ISO/TS 15066, появившийся в 2016 году, впервые предложил конкретные параметры безопасного взаимодействия человека и робота, благодаря чему стало возможным применение коботов Fanuc CRX на производствах Nestlé. В Европе Директива по машинному оборудованию 2006/42/ЕС предписывает обязательную сертификацию коллаборативных систем, и это требование неукоснительно соблюдается такими флагманами индустрии, как ABB и KUKA. В России схожие положения зафиксированы в ГОСТ Р 60.0.0.4-2019.

4. Примеры применения HRC в промышленности

В автомобилестроении, компания Volkswagen задействовала коллаборативных роботов UR10e (Рис. 4), чтобы совместно с сотрудниками собирать двигатели на предприятии в Вольфсбурге. В аэрокосмической промышленности Boeing внедрила системы HRC для изготовления крыльев модели 787 Dreamliner на производстве в Эверетте. В электронной промышленности Foxconn активно использует более 10 000 коботов для осуществления совместной сборки смартфонов с работниками. В фармацевтическом секторе Novartis применяет HRC-системы для упаковки медикаментов на своих предприятиях в Швейцарии. В пищевой промышленности Nestlé автоматизировала 30% упаковочных процессов, используя коботов на фабрике, расположенной в Великобритании.



Рис. 4. Коллаборативный робот UR10e

5. Перспективы и вызовы HRC

Развитие коллаборации "человек-робот" (HRC) встречает на своем пути серьезные барьеры. Главная проблема — технологическая: необходимость создания роботов, способных к реальному "ощущению". Показателен проект EU H2020 SOPHIA представленный на рисунке 5, в рамках которого ведутся разработки тактильных систем, оснащенных 2000 сенсорами на квадратный метр.

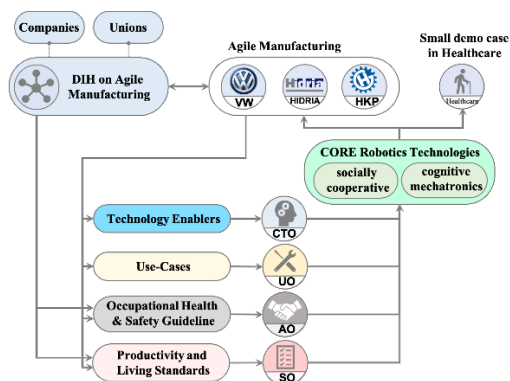


Рис. 5. Проект EU H2020 SOPHIA

Правовая сложность наглядно демонстрируется недавним судебным разбирательством, которое было возбуждено против Amazon после инцидента с роботом на складе в Трентоне. Экономический фактор выглядит следующим образом: согласно расчетам, внедрение HRC на типичном предприятии обеспечит окупаемость за период от двух до трех лет, что подтверждается практическим опытом заводов Siemens в Нюрнберге. Прогнозы McKinsey указывают на то, что к 2030 году до 40% производственных операций будут выполняться с использованием HRC.

Развитие человеко-машинного взаимодействия (HRC) — это

предвестник промышленных преобразований, но для успешного внедрения необходим многогранный подход. Технологические решения, представленные, например, многоуровневыми системами безопасности Fanuc, должны гармонично сочетаться с нормативной базой, такой как ISO/TS 15066, а также с программами подготовки квалифицированных специалистов. Практический опыт передовых компаний (BMW, Boeing, Foxconn) свидетельствует о том, что продуманное применение HRC позволяет увеличить производительность до 85% параллельно со снижением производственного травматизма. Будущие научные исследования должны сосредоточиться на разработке адаптивных систем безопасности и формировании международных стандартов для новых сценариев использования HRC.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добринский Е.П., Бушуев Д.А., Магергут В.З., Бажанов А.Г. Разработка автоматизированной транс-портно-складской системы с групповым управлением робокаров // Труды 7-го Международного симпозиума. Санкт-Петербург: Изд-во «Политехника-сервис», 2013. 556 с.
2. Рубанов, В.Г. Системный подход к проектированию управляемых мобильных логистических средств/ Е.И. Юревич // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 2. С. 10-12.
3. Фиговский О., Гумаров В. Инновационные системы: перспективы и прогнозы. Germany. Lambert AP, 2019. 526 с.
4. Пенский О.Г. Математические модели виртуального мира // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2019. № 2 (45). С. 27–35.
5. Пенский О.Г., Шарапов Ю.А., Ощепкова Н.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей. Пермь: Изд-во ПермГУ, 2018. 310 с.
6. Пенский О.Г. Алгоритм наполнения иерархических структур эмоциональных роботов. Мягкий и жесткий гипноз // International independent scientific journal. 2020. № 15. С.5–11. Москва: Директ-Медиа, 2020. 271 с.

Анисимова В.В., Чувилин К.В.

*Научный руководитель: Бушуев Д.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ ОБЪЕКТА В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Стремительная автоматизация производственных процессов не исключает участия человека на производстве. В таких условиях появляется необходимость в системах, обеспечивающих безопасное взаимодействие между человеком и машиной. Помимо этого, промышленность испытывает нужду в повышении надёжности и эффективности [1].

Современные автономные мобильные роботы часто применяются на производствах, где требуется их безопасное и эффективное взаимодействие с окружением и персоналом. Создание надежного механизма обнаружения препятствий в ближней зоне позволит предотвратить столкновения и минимизировать риск повреждения оборудования. Учитывая данные требования и необходимый функционал, была разработана система контроля наличия объекта в ближней зоне автономного мобильного робота [2].

Использование датчика ближней зоны позволяет предотвращать наезд робота на человека или другие объекты, а также исключить столкновения со стенами. Особенность датчика, заключающаяся в его способности обнаруживать препятствия в трёх зонах: дальней, средней и ближней, позволила реализовать плавную остановку робота при приближении к препятствию, что уменьшает износ механических частей и снижает энергопотребление.

В подобных системах обычно используются ультразвуковые и оптические датчики ближней зоны. Данные датчики бывают аналоговыми и дискретными [3].

Ультразвуковой датчик состоит из ультразвукового излучателя, ультразвукового приёмника и электронной платы. Аналоговый ультразвуковой датчик формирует сигнал, пропорциональный расстоянию до объекта, дискретный датчик выдаёт сигнал при достижении объектом определённого расстояния.

Излучатель и приёмник ультразвукового датчика представляют собой пьезоэлемент, который излучает ультразвук и преобразует принятые колебания в электрический сигнал. Электронная плата

измеряет время прохождения ультразвука в воздухе и преобразует его в измеряемое расстояние.

Преимуществами таких датчиков являются: независимость от освещения; хорошая точность на коротких и средних дистанциях; устойчивость к пыли туману и задымлению.

Недостатки ультразвуковых датчиков: чувствительность к акустическим помехам; высокая задержка при измерениях; сложность обнаружения объектов из мягких материалов (например, ткань).

Оптический датчик состоит из излучателя (как правило инфракрасный лазер), фотоприёмника и платы управления, рассчитывающей расстояние до объекта. Существуют два основных принципа, на которых основана работа датчика: принцип измерения времени пролёта луча – его суть аналогична принципу измерения расстояния ультразвуковым датчиком; и принцип триангуляции (или фазовый метод измерения – измеряется разность фаз посылаемых и принимаемых сигналов, по ней вычисляется расстояние).

Достоинства оптических датчиков: быстрое время отклика; низкое энергопотребление; устойчивость к акустическим помехам.

Недостатки оптических датчиков: зависимость от освещения; сложность обнаружения прозрачных объектов [4].

Данная система разрабатывалась для робота-мойщика, предназначенного для работы на свиноводческом комплексе. Во время работы робота подразумевается стабильное, одинаковое освещение, довольно высокий уровень шума, полное отсутствие прозрачных объектов и отсутствие такого фактора, как туман или задымление. В связи с этим при реализации системы был выбран сканирующий инфракрасный датчик HOKUYO PBS-03JN (Рис. 1).



Рис. 1. Датчик для обнаружения препятствий HOKUYO PBS-03JN

Таблица – Характеристики датчика HOKUYO PBS-03JN

Напряжение питания	24 В
Потребление тока	250 мА
Гистерезис	10 % (не менее 60 мм)
Время отклика	180 мс
Максимальная освещённость окружения	6000 лк
Дальность сканирования	2 м
Угол сканирования	180°

Схема подключения входов/выходов датчика (Рис. 2):

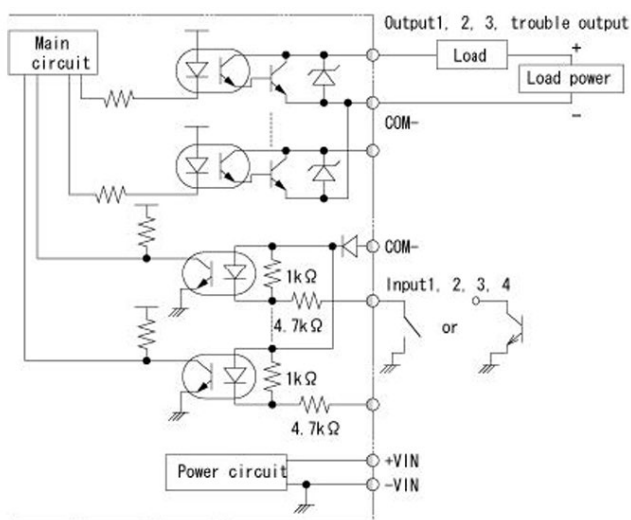


Рис. 2. Схема подключения входов и выходов датчика HOKUYO PBS-03JN

Входы Input 1, 2, 3, 4 используются для изменения областей сканирования. Области сканирования можно настроить с помощью ПК. Так как в данном устройстве не предусматривается смена областей сканирования в ходе работы, то входы Input 1, 2, 3, 4 не используются.

Выходы Output 1, 2, 3 необходимы для получения информации об расположении препятствия в поле зрения датчика: Output 1 – на максимальном расстоянии (≈ 2 м); Output 2 – на средней дистанции (≈ 1 м); Output 3 – вблизи датчика (≈ 0.5 м).

Выходы работают как ключи. Через резистор на выход подаётся напряжение. При отсутствии препятствия в поле зрения датчика ток не будет идти сквозь датчик, и на резисторе будет падать всё поданное

напряжение. При появлении препятствия в поле зрения датчика ключ на выходе замыкается, ток течёт через датчик, падение напряжения на резисторе снижается. Таким образом, измеряя значение напряжения на резисторе можно получить информацию о наличии препятствия в данной зоне.

Структура построенной системы (Рис. 3):

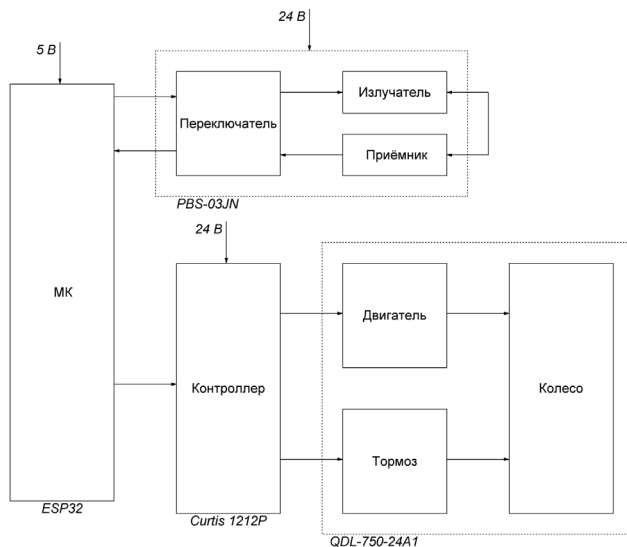


Рис. 3. Структурная схема построенной системы

Микроконтроллер ESP32 осуществляет управление данной системой. Он получает команду от задающего устройства и управляет скоростью двигателя через контроллер Curtis 1212P в зависимости от информации от датчика. При получении команды «вперёд», микроконтроллер устанавливает скорость двигателя на 100% от максимальной, и контроллер Curtis 1212P плавно, но быстро увеличивает скорость до максимальной.

Если в дальней зоне датчика HOKUYO PBS-03JN появляется какой-либо объект, микроконтроллер устанавливает скорость в 50% от максимальной. Если объект переместился в среднюю зону датчика, скорость двигателя уменьшается до 25% от максимальной. Если объект переместился в ближнюю зону, скорость двигателя устанавливается в 0%, двигатель останавливается и ставится на электромагнитный тормоз.

Сканирование области перед роботом происходит постоянно, поэтому данные о наличии препятствий передаются даже, когда

микроконтроллер получил команду «стоп». Помимо этого, если микроконтроллер получит команду «вперёд», когда в дальней, средней или ближней зоне находится какой-либо объект, то микроконтроллер сразу сформирует и установит скорость двигателя на 50%, 25% или 0% от максимальной соответственно.

Управление такой системой может осуществляться через человеко-машинный интерфейс, который позволяет обеспечить удобный мониторинг и оперативную корректировку параметров работы.

В заключение следует отметить, что разработанная система контроля на основе датчика HOKUYO PBS-03JN обеспечивает безопасность мобильного робота за счёт трехуровневого обнаружения препятствий и плавного торможения. Интеграция с ESP32 и Curtis 1212P, поддержка человеко-машинного интерфейса гарантируют надёжную работу в промышленных условиях, минимизируя риски столкновений и оптимизируя энергопотребление [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бушуев, Д.А. Интеллектуальный автономный робот для избирательной мойки поверхностей / Д. А. Бушуев, А. Г. Бажанов, В. А. Порхало [и др.] // Мехатроника, автоматизация, управление. — 2024. — Т. 25, № 5. — С. 231–238. — DOI: 10.17587/mau.25.231-238. — EDN: GEXXVJ.
2. Сотсков, Б.С. Основы расчета и проектирования электромеханических элементов автоматических и телемеханических устройств: учебное пособие для вузов / Б.С. Сотсков. — Москва: Энергия, 1965. — 576 с.
3. Волков, Н.И. Электромашинные устройства автоматики: учебник для вузов / Н.И. Волков, В.П. Миловзоров. — Москва: Высшая школа, 1986. — 335 с.
4. Жукова, Г.А. Курсовое и дипломное проектирование по низковольтным электрическим аппаратам: учебное пособие / Г.А. Жукова, В.П. Жуков. — Москва: Высшая школа, 1987. — 160 с.
5. Фолкенберри, Л. Применения операционных усилителей и линейных ИС: пер. с англ. / Л. Фолкенберри. — Москва: Мир, 1985. — 572 с.: ил.

Башков А.В.

Научный руководитель: Ващенко Р.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ, МОНИТОРИНГА ПОСЕВОВ И ПОИСКА ОБЪЕКТОВ

В начале своей истории, беспилотные воздушные суда применялись исключительно в военных целях. Но с каждым годом технологии БВС становятся более доступными и эффективными, что делает их незаменимым инструментом в различных сферах деятельности человека, включая аграрный сектор. Применение БПЛА в агрономии открывает новые возможности для картографирования, мониторинга посевов и поиска объектов, что позволяет значительно повысить эффективность работы на полях и улучшить качество сельскохозяйственного производства.

В связи с их растущей популярностью появляется потребность в использовании совершенно новых алгоритмов управления и стабилизации для таких систем. Целью данной работы является создание алгоритмов анализа изображения, поступающего с БПЛА, построенных на методах технического зрения для обнаружения и распознавания объектов.

Актуальность темы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве для картографических работ, мониторинга посевов и поиска объектов обусловлена рядом ключевых факторов, которые определяют необходимость внедрения новых технологий в аграрный сектор:

- рост потребности в точных данных;
- ускорение процессов мониторинга и картографирования.

В условиях постоянного изменения климата и увеличения потребности в аграрной продукции, сельское хозяйство сталкивается с необходимостью повышения эффективности производства. Для этого требуются новые технологии, которые обеспечат быстрое и качественное получение данных о состоянии посевов, наличии вредителей и болезней урожая.

Применение БПЛА в сельском хозяйстве способствует снижению использования химических средств борьбы с вредителями, так как

позволяет точно выявлять зоны поражения и проводить целенаправленные обработки.

Использование БВС сокращает время, которое тратится на сбор данных, а также минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором. Это важный аспект, который способствует повышению точности и надежности получения информации, необходимой для принятия важных решений.

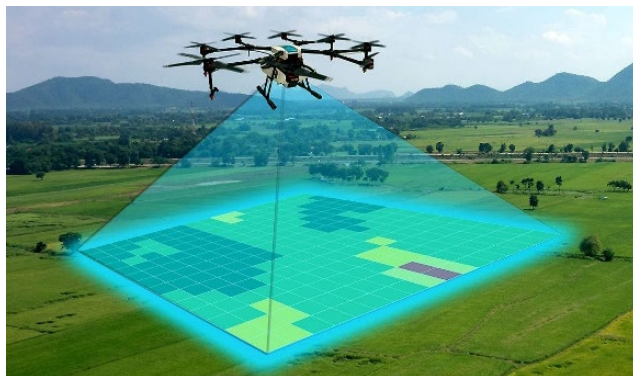


Рис. 1. Принцип сканирования посевов

Рассмотрим различные методы, которые могут быть использованы для решения задачи разработки системы мониторинга объектов аграрного сектора с применением БВС. Каждый из предложенных методов будет направлен на эффективное использование данных, полученных с БПЛА, для мониторинга посевов, а также поиска объектов.

Проведем сравнительный анализ подходов к обработке изображений, основанные на нейронных сетях для обработки изображений таких, как R-CNN, Fast-R-CNN, YOLO.

Модель R-CNN сканирует изображение что бы создать множество предложений регионов (потенциальных областей, в которых может находиться объект). Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет сгенерировано около 2000 регионов [4].

Каждый из этих регионов обрабатывается через сверточную нейронную сеть (CNN), которая извлекает признаки, такие как текстуры, контуры и другие важные детали (Рис. 2).

После того как для каждого региона были извлечены признаки, классифицируются с помощью классификатора (например, SVM), чтобы определить, что за объект находится в этом регионе. Также для

каждого региона выполняется регрессия, чтобы точно уточнить его координаты.

Обработка в режиме реального времени не поддерживается. Требуется большое количество времени, ведь для каждого региона нужно запускать классификатор.

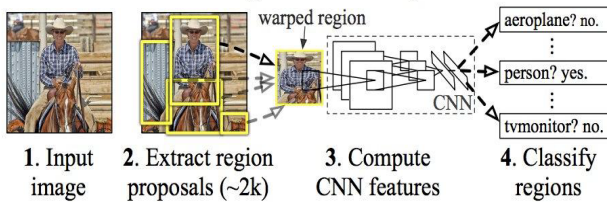


Рис. 2. Алгоритм R-CNN

Fast-R-CNN- это улучшенная версия R-CNN. Этот метод так же разбивает изображение на регионы, которые могут содержать объекты, но их количество уже меньше, так как используется метод selective saearch [5]. Fast- R-CNN обрабатывается всё изображение через сверточную нейронную сеть для создания карты признаков. Далее из этой карты вырезаются регионы интереса, и эти регионы проходят через полносвязный слой, где происходит классификация объекта и уточнение координат для его локализации (Рис. 3).

Обработка изображения в реальном времени не поддерживается.

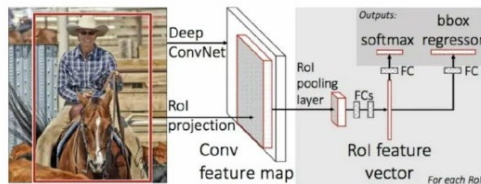


Рис. 3. Алгоритм работы Fast R-CNN

В YOLO изображение разбивается на квадратную сетку фиксированного диапазона, обычно используют 3x3 или 7x7. Для каждой ячейки сети CNN выводит вероятность определяемого класса. Далее каждая клетка сетки одновременно предсказывает: координаты ограничивающего прямоугольника, класс объектов и его вероятность, после чего получившиеся прямоугольники пропускаются через односверточную нейронную сеть, которая удалит пересекающиеся предсказания. Это всё происходит за одну операцию (Рис. 4). Сеть

обучается так, чтобы выполнялось сразу несколько задач: предсказание координат, классов, что делает её более эффективной [8]. Обработка в режиме реального времени поддерживается, требуются малые мощности и меньшее время.

После чего получившиеся прямоугольники пропускаются через одностороннюю нейронную сеть, которая удалит избыточные и пересекающиеся предсказания. Это всё происходит за одну операцию. Сеть обучается так, чтобы выполнялось сразу несколько задач: предсказание координат, классов, что делает её более эффективной. Ячейки, имеющие вероятность класса выше порогового значения, выбираются и используются для определения местоположения объекта на изображении [7]. Обработка в режиме реального времени поддерживается, требуются малые мощности и меньшее время.

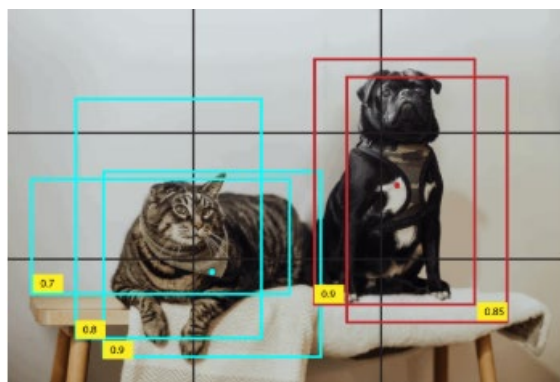


Рис. 4. Алгоритм работы YOLO

Из представленного анализа видно, что YOLO пока что лучший вариант для обнаружения и распознавания образов. Он отличается высокой скоростью и точностью обнаружения объектов. Обладает малыми мощностными затратами, поэтому этот же алгоритм можно использовать в проектах на Android и Raspberry Pi с помощью нетребовательного варианта сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П. Когнитивные технологии дистанционного зондирования в природопользовании. М.: Мин. обр. науки РФ, МГУ имени М.В. Ломоносова, Тверской гос. ун-т, 2016. 279 с.

2. Роберт А. Шовенгерт. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010: 560 с.

3. Юдин Д.А. Разработка имитационной модели системы управления беспилотным летательным аппаратом с использованием ROS, GAZEBO / Юдин Д.А., Ващенко Р.А., Черняев М.Ю. // В сборнике: наукоемкие технологии и инновации (XXIII научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. 172-176 с.

4. Электронный ресурс: URL: <http://government.ru> (дата обращения: 27.04.2025).

5. Электронный ресурс: URL: <http://minsvyaz.ru>. (дата обращения: 27.04.2025).

6. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. М.: Стратегические приоритеты, 2016. 676 с.

7. Эдвард А. Патрик Основы теории распознавания образов. М.: Советское радио, 1980. 408 с.

8. Электронный ресурс: URL: <https://python-school.ru> (дата обращения: 27.04.2025).

УДК 519.6:691.618.93

Бойко Я.В.

*Научный руководитель: Величко Д.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОСТЕКЛЯНЫХ БЛОКОВ В ДВУХСЕКЦИОННОЙ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Производство пеностекляных блоков является важным направлением в современной строительной и теплоизоляционной промышленности. Эти блоки обладают рядом уникальных свойств: низкой теплопроводностью, высокой химической стойкостью, экологической безопасностью и долговечностью. Они применяются в качестве тепло- и звукоизоляционного материала в гражданском и промышленном строительстве, в том числе в условиях агрессивных сред.

Одним из ключевых этапов производства пеностекляных блоков является их термообработка в специальных печах. Для достижения

стабильных характеристик готовой продукции важно обеспечить точное соблюдение температурных режимов и синхронность технологических операций.

Процесс получения пеностеклянных блоков начинается с подготовки пеностеклянной шихты, состоящей из стеклянного порошка и вспенивающих добавок, таких как углеродсодержащие вещества и карбонаты. Шихта предварительно прессуется в форму, а затем подаётся в зону вспенивания.

В зоне вспенивания, при температуре около 850–900 °С, стекло размягчается, а газ, выделяющийся из добавок, вспенивает массу, образуя пористую структуру. Образующийся вспененный пеностеклянный блок требует немедленной стабилизации структуры, чтобы поры не схлопнулись и не произошла деформация [1-3].

После вспенивания блок перемещается в зону охлаждения, в которой происходит термоудар, с целью затвердевания блока.

Далее блок переходит в зону стабилизации – в которой происходит стабилизация структуры пеностекла.

Полный температурный режим (рис. 1):

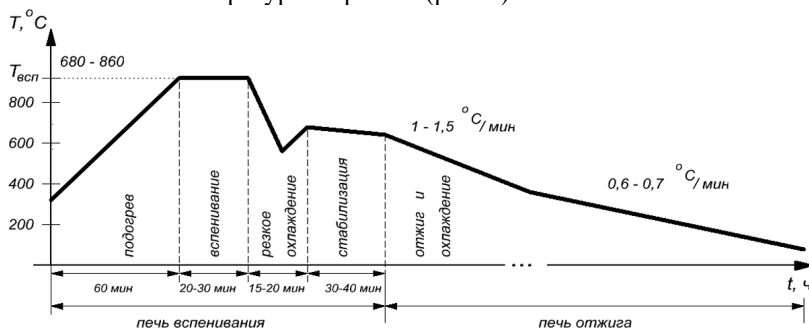


Рис. 1. Температурный режим

Корректная работа печей и транспортных механизмов критична для сохранения качества готовых изделий. Именно поэтому автоматизация процесса требует строгого соблюдения логики управления перемещением блоков между зонами.

Частым решение для производства пеностеклянных блоков является двухэтажная печь. В ней зона вспенивания – зона, в которой происходит химическая реакция по преобразованию пеностеклянной шихты в блок, находится под зоной отжига – зона, в которой происходит закалка. Однако, при такой конструкции, важным моментом является наличие теплообмена между печами, что может

усложнять процесс регулирования температур в каждой секции, а также влиять на итоговое качество продукции.

В отличие от двухэтажных печей, где термические режимы в разных уровнях могут незначительно влиять друг на друга, двухсекционная туннельная печь позволяет более точно и независимо регулировать температурные параметры в каждой секции. Это обеспечивает:

- возможность индивидуальной настройки зон нагрева и выдержки;
- повышение качества термообработки пеностеклянных блоков;
- снижение энергетических потерь;
- равномерное распределение температуры по всей длине блока;

Такая конструкция особенно востребована при производстве блоков с заданной пористостью и плотностью, где требуется точный температурно-временной режим [4].

Процесс перемещения пеностеклянных блоков между печами и складской зоной осуществляется с помощью двух отдельных систем:

- Манипулятор на рельсовой тележке отвечает за загрузку и разгрузку блоков, а также за их перемещение между секциями печи и зоной складирования;
- Специализированная тележка реализует перемещение тигля после извлечения из него блока в начало печи вспенивания.

Такое разнесение транспортных функций позволяет повысить общую гибкость линии и снизить вероятность ошибок.

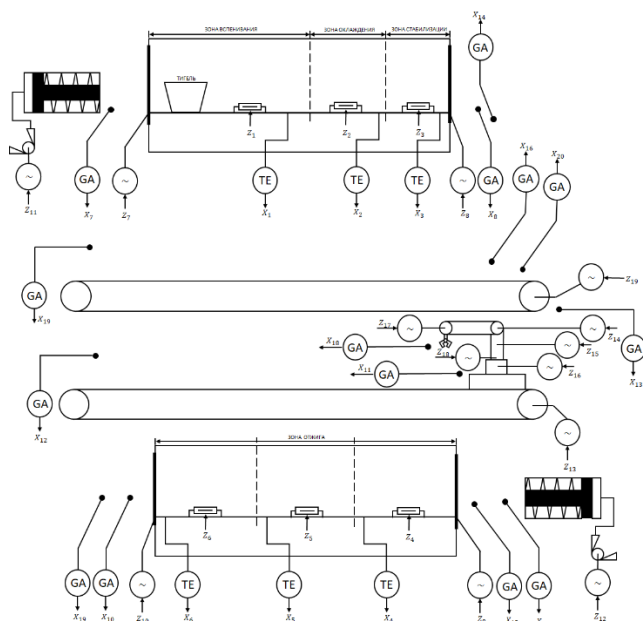


Рис. 2. Функциональная схема двухсекционной туннельной печи

Однако одновременно возрастает риск неправильной синхронизации: если тележка начнёт движение до того, как манипулятор отпустит блок, это может привести к аварийной ситуации. Для исключения подобных сценариев необходимо реализовать строгую логику взаимодействия всех компонентов системы.

Для описания и моделирования логики взаимодействия оборудования используется формализм сетей Петри. Этот математический инструмент позволяет эффективно моделировать дискретно-событийные системы, отражая последовательности, параллельность, конфликты и синхронизацию операций.

Сети Петри легко визуализируются, хорошо поддаются анализу, и позволяют выявить ошибки логики до реализации системы управления в железе.

Для решения задачи блокировки движения пеностекольных блоков до завершения работы манипулятора применяется расширение стандартной сети Петри — ингибиторные сети Петри. Они позволяют вводить дополнительные условия, при которых срабатывание перехода запрещено в случае наличия токена в определённой позиции [5].

Это позволяет реализовать следующее поведение: движение пеностеклянного блока по линии невозможно до тех пор, пока манипулятор его не отпустит.

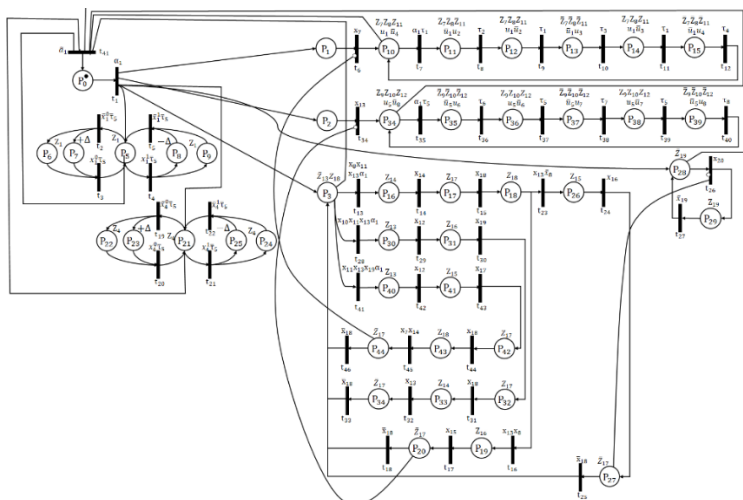


Рис. 3. Ингибиторная сеть Петри

Такой подход формально исключает возможность преждевременного срабатывания привода и возможного столкновения механизмов. Он упрощает реализацию логики в программируемых логических контроллерах (ПЛК), а также повышает надёжность всей автоматизированной системы.

Использование ингибиторных сетей Петри в управлении двухсекционной туннельной печью, предназначенной для термообработки пеностеклянных блоков, позволяет создать чёткую и формально верифицируемую модель взаимодействия оборудования. Основное преимущество заключается в предотвращении ошибок логики управления, особенно на этапе синхронизации работы манипулятора и транспортной тележки. Применение ингибиторных дуг обеспечивает надёжную блокировку опасных действий и позволяет строить масштабируемую, отказоустойчивую систему автоматизации, отвечающую современным требованиям безопасности и производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. "Анализ температурных режимов в двухсекционных тоннельных печах". Материалы Ярославской конференции, 2015.
2. "Разработка автоматизированной системы управления термическими процессами". Материалы Пермской конференции, 2015.
3. "Современные подходы к автоматизации производственных процессов". Материалы Курской конференции, 2020.
4. Григорьев, А. В., Иванов, Ю. П. "Автоматизация процессов термической обработки материалов". Издательство "Техника", 2015.
5. Кузнецов, М. Н. "Использование сетей Петри в моделировании дискретных производственных процессов". Журнал "Промышленная автоматика", №3, 2018.
6. Магергут В.З., Величко Д.В., Андреев А.А. Автоматизация двухъярусной туннельной печи с использованием адаптивного трёхпозиционного регулятора // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. XXVIII Междунар. науч. конф. / отв. ред. А.А. Большаков. Саратов: Изд-во СГТУ, 2015. Т.8. С.133-139.
7. Магергут В.З., Величко Д.В., Андреев А.А. Система автоматического перемещения тиглей в двухъярусной туннельной печи для производства пеностеклянных блоков // Вестник ПНИПУ. 2015. №14. С.108-122.
8. Петров, С. Л., Сидоров, А. П. "Адаптивные системы управления для высокотемпературных печей". Труды Международной конференции по автоматизации, 2017.
9. Соколова, Е. Н., Смирнов, В. П. "Энергосберегающие технологии в производстве пеностеклянных блоков". Журнал "Энергетика и технологии", №4, 2019.

УДК 681.5

Брильц М.

*Научный руководитель: Гольцов Ю. А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ОБРАТНОГО МАЯТНИКА

В теории автоматического управления стабилизация рассматривается как способность системы сохранять устойчивость и возвращаться к равновесному состоянию после воздействия внешних

или внутренних возмущений. Для достижения этого состояния система должна обладать механизмами, позволяющими корректировать её поведение в соответствии с заданными целями управления [1].

Одним из ключевых подходов к обеспечению стабилизации является использование обратной связи, при которой управляющее воздействие формируется на основе текущего состояния системы. Это позволяет компенсировать отклонения и обеспечить устойчивую работу при изменении условий. Также применяются регуляторы различного типа, включая ПИД-регуляторы [2].

Среди широко известных примеров для изучения задач стабилизации в обучающих и научных целях является система «обратный маятник». Она представляет собой нелинейный объект управления, требующий точных и быстрых управляющих воздействий для удержания в неустойчивом положении равновесия. Благодаря своей физической наглядности и математической сложности, данный объект используется как в образовательных, так и в исследовательских задачах.

В данной работе рассматривается учебный лабораторный стенд, реализующий систему обратный маятник. Цель исследования заключается в изучении принципов работы стенда, анализе его аппаратной структуры и исследовании различных алгоритмов стабилизации положения маятника. Особое внимание уделяется сравнению традиционных методов управления, таких как ПИД-регулирование [3].

Задача стабилизации перевёрнутого маятника является одной из базовых в теории управления. Этот объект представляет собой маятник, закреплённый на подвижной тележке, которая может перемещаться под действием управляющей силы [4]. Основной целью управления является удержание маятника в вертикальном положении, несмотря на его естественную неустойчивость.

Интерес к данной задаче связан с тем, что модель «каретка-маятник» хорошо описывает поведение многих реальных объектов. К ним можно отнести, ракету на этапе взлёта, солнечные панели спутников, управляемые по ориентации, или шагающих роботов. Поэтому задачи стабилизации такого типа широко исследуются как в фундаментальной, так и в прикладной науке [5].

Стабилизация неустойчивых объектов управления, таких как перевёрнутый маятник, представляет собой классическую и в то же время сложную инженерную задачу, актуальную как в теоретических исследованиях, так и в инженерной практике. Такие объекты широко используются в качестве тестовых платформ при разработке новых систем управления, а также в обучении специалистов по автоматизации,

мехатронике и кибернетике [6].

Особую актуальность тема приобретает в условиях внедрения современных ПЛК и цифровых регуляторов, которые становятся всё более автономными и универсальными. Это требует от будущих инженеров не только понимания теоретических основ управления, но и практических навыков программирования и настройки промышленных компонентов, в том числе сервоприводов, датчиков, интерфейсов связи и алгоритмов управления [7, 8].

В рамках исследования рассматривается конструкция системы управления лабораторным стендом с перевёрнутым маятником, установленным на тележке. В качестве привода используется электродвигатель, а перемещение тележки осуществляется по линейной направляющей винтового типа (рис. 1).

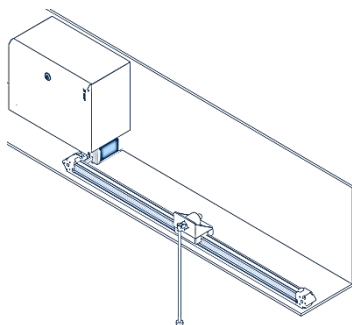


Рис. 1. Внешний вид макета для изучения стабилизации маятника

На первом этапе будет рассмотрена нелинейная модель системы обратный маятник, составленная на основе уравнений движения тележки и маятника. Особое внимание будет уделено учёту физических ограничений системы, таких как трение, масса и геометрические параметры конструкции.

На втором этапе будет выполнена линеаризация математической модели, что необходимо для анализа устойчивости и синтеза регуляторов. Будут получены передаточные функции, связывающие входной сигнал с положением тележки и углом отклонения маятника. Это позволит использовать методы частотной характеристики для последующего построения управляющих алгоритмов.

На третьем этапе планируется разработка и сравнение двух архитектур ПИД-регулирования — каскадной и параллельной. Каждый из регуляторов будет изначально применён к линеаризованной модели, а затем — адаптирован к работе с полной нелинейной моделью. Такой

подход позволит оценить, как упрощённые и реальные модели влияют на результат стабилизации.

В совокупности выполнение этих этапов обеспечит глубокий анализ функционирования учебного стенда с точки зрения применимости различных методов управления. Это позволит не только подтвердить корректность выбранных подходов, но и сформировать основу для последующей разработки методики лабораторной работы.

Первый подход к стабилизации маятника основан на применении двух каскадных ПИД-регуляторов. В этой схеме внешний контур управляет положением тележки, а внутренний — углом отклонения маятника (рис. 2). Такая структура обусловлена тем, что система является SIMO (один вход — сила на тележку, два выхода — угол и координата тележки).

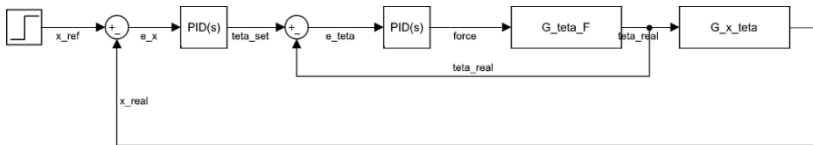


Рис. 2. Схема каскадного ПИД регулятора

Итоговая замкнутая система демонстрирует устойчивое поведение, с небольшим перерегулированием и приемлемым временем отклика. Это подтверждается графиками отклика тележки и угла маятника (рис. 3).

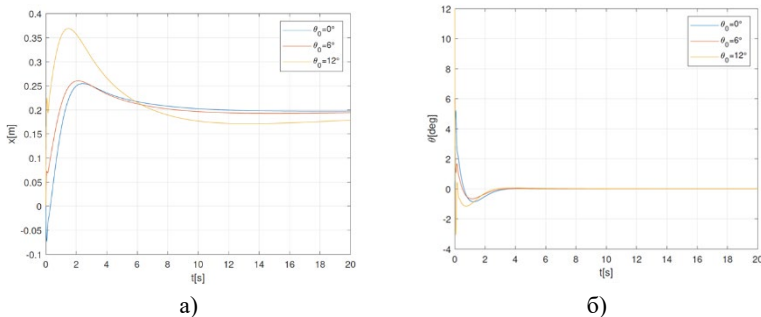


Рис. 3. Графики поведения системы:
а – отклик тележки; б – отклик угла маятников

Во втором подходе применяются два ПИД-регулятора, подключенные параллельно — один управляет углом маятника, второй — положением тележки. Сигналы от обоих регуляторов складываются и формируют общее управляющее воздействие.

Моделирование нелинейной системы с тремя начальными углами показывает стабильную работу параллельной схемы (рис. 4) при умеренных начальных условиях. Однако при большом угле маятника эффективность регулирования снижается, как и в случае каскадной структуры.

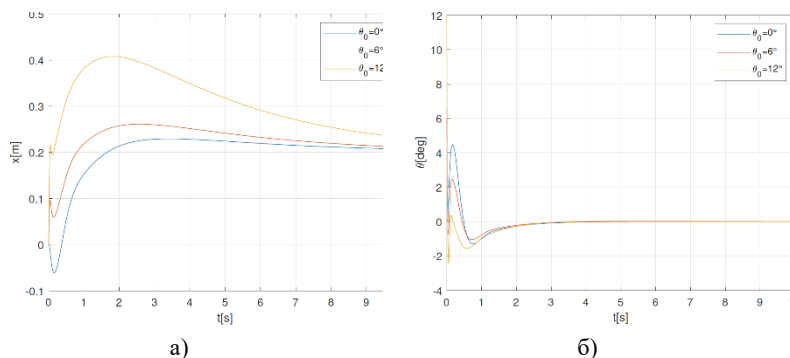


Рис. 4. Графики поведения системы:
а – отклик тележки; б – отклик угла маятников

В ходе проведённой работы была исследована система стабилизации для объекта управления «обратный маятник», с использованием различных методов регулирования. Исследование включает теоретический анализ, моделирование системы, а также проектирование и настройку ПИД-регуляторов для обеспечения устойчивости системы.

Важной частью работы стал анализ двух типов ПИД-регуляторов: каскадного и параллельного. Для каждого типа были проведены тесты и настроены регуляторы, результаты которых показали, что каскадная схема обеспечивает большую устойчивость системы при различных начальных условиях. В то же время, параллельная система более гибкая в настройке и позволяет лучше адаптироваться к изменениям внешних условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дятлова Е.П., Сафронова М.Р. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами ЦБП: учебное пособие. -2-е изд., доп. и перераб./ГОУВПО СПГУРП. СПб., 2006. 64 с.
2. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в

структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.

3. Мартыненко Ю.Г., Формальский А.М. Проблемы управления неустойчивыми системами // Успехи механики. 2005. Т. 3. № 2. С. 71-135.

4. Решмин С. А. Оптимальное по быстродействию управление перевернутым маятником в форме синтеза / С. А. Решмин, Ф. Л. Черноусько // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2006. - Т. 45. - № 3. - С. 51 - 62.

5. Капица П. Л. Динамическая устойчивость маятника при колеблющейся точке подвеса / П. Л. Капица // ЖЭТФ. - 1951. - Т. 5. - № 21. - С. 588 - 597.

6. Рубанов В. Г. Проектирование технических средств автоматики: Учебное пособие / В. Г. Рубанов, Д. А. Бушуев, Ю. А. Гольцов. – Белгород: изд-во БГТУ, 2017. – 118 с.

7. Арановский С.В. Синтез наблюдателя в задаче стабилизации обратного маятника с учетом ошибки в датчиках положения / С.В. Арановский, А.Э. Бирюк, Е.В. Никульчев, И.В. Рядчиков, Д.В. Соколов // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2019. - № 2. - С. 145 - 153.

8. Gol'tsov Yu. A., Kizhuk A.S., Rubanov V.G., Yanochkina O.O. Modeling of a high-power heating unit with pulse-width modulated control. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 709. С. 033098.

УДК 621.865.8

Возимиллер Р.Р.

***Научный руководитель: Гольцов Ю. А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ «МП-9С» НА БАЗЕ ПЛК 110 ОВЕН

С развитием технологий автоматизации и роботизации в различных промышленных отраслях увеличивается потребность в обновлении устаревших систем управления, которые часто не отвечают современным стандартам эффективности, гибкости и надежности. Электронные центры программного управления (ЭЦПУ), ранее применявшиеся для контроля манипуляторов и другого оборудования, постепенно утрачивают свою актуальность. Хотя в свое время они

обеспечивали высокую производительность, сегодняшние требования к скорости обработки информации, точности и интеграции с современными технологическими комплексами диктуют необходимость внедрения новых решений.

Одним из ключевых подходов к модернизации таких систем является использование современных программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые способны значительно повысить производительность и надежность промышленного оборудования [1].

В работе предлагается модернизация системы управления промышленным манипулятором МП-9С путем замены устаревшего ЭЦПУ 6030 на современный ПЛК ОВЕН 110. Манипулятор оснащён тремя степенями свободы и схватом клещевого типа (рис. 1).

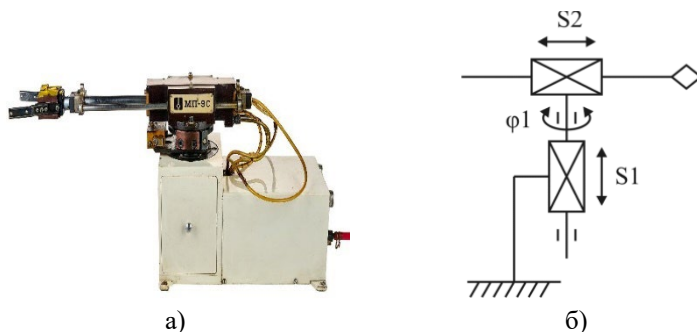


Рис. 1. а) манипулятор МП-9С, б) кинематическая схема

Воздух из пневматической сети поступает к электропневмоклапанам манипулятора через блок подготовки воздуха. Этот узел служит для регулировки давления, обеспечивая подачу воздуха и смазку пневмоцилиндра. Для каждой степени свободы, кроме захвата, предусмотрено по два пневмораспределителя и один запасной, который может быть запасным, например, для вышедшего из строя клапана или для выполнения дополнительной команды.

Каждый электропневмоклапан оборудован дросселем, при настройке которого появляется возможность изменять скорость механизмов движения манипулятора. При помощи регулируемых конечных упоров реализуется позиционирование робота [2]. На каждом подвижном элементе манипулятора установлены постоянные магниты, при их стыковке с магнитоуправляемым электрическим контактом, происходит активация это обозначает, что манипулятор завершил движение.

В схеме пневмопривода с цикловым управлением выделяют

следующие основные функциональные узлы, такие как модуль подготовки рабочего воздуха, модуль распределения сжатого воздуха, модуль исполнительных механизмов, система транспортировки сжатого воздуха между компонентами привода (рис. 2).

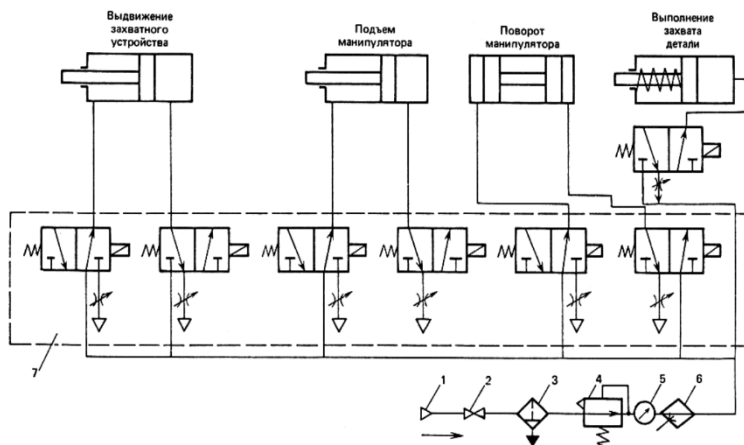


Рис. 2. Пневматическая схема системы управления

Сжатый воздух, направляясь по каналам к распределительным узлам проходит через влагоотделитель 1, запорный клапан 2, дополнительный влагоотделитель 3, регулятор давления 4 и маслораспылитель 6. Для обеспечения бесперебойной работы подвижных частей двигателей и распределительных устройств, служит маслораспылитель 6, подающий смазочное масло в воздушный поток. Уровень давления воздуха, поступающего к элементам манипулятора, регулируется и отслеживается манометром 5, расположенным за регулятором давления. Система подготовки воздуха функционирует независимо и интегрирована в конструкцию манипулятора. При помощи регулятора давления 4 осуществляется настройка уровня давления воздуха, который поступает к исполнительным механизмам. [3].

В манипуляторе МП-9С используются электропневматические клапаны нормально закрытого типа, которые управляют подачей сжатого воздуха. Для повышения надежности системы предусмотрен дополнительный резервный клапан, а каждое движение исполнительного механизма контролируется отдельным электроклапаном. Исполнительными механизмами служат пневмоцилиндры одностороннего или двустороннего действия,

обеспечивающие прямолинейное перемещение поршня. Пневмодвигатель, установленный на каждой степени свободы манипулятора, обеспечивает заданные линейные перемещения, усилие и скорость. Захватное устройство также оснащено собственным приводом. Через открытый электроклапан сжатый воздух поступает в рабочую полость цилиндра, а из нерабочей полости воздух выпускается в атмосферу через другой клапан. Пневматический дроссель, сечение которого регулируется в зависимости от требуемой скорости, позволяет контролировать скорость выходного звена за счет изменения расхода воздуха на входе или выходе.

Каждый электроклапан в разработанной системе управления оснащен дросселем, регулируемым вращением винта (см. рис. 3). Электромагнитные датчики, срабатывающие при приближении магнитов к подвижным элементам пневмодвигателя, подают сигнал о завершении движения. Торможение механизма вблизи конечных положений достигается гидравлическими демпферами при повороте и выдвигении, а при подъеме или опускании — за счет дросселирования воздуха на входе и выходе цилиндра [4-6].

Электропневматические клапаны, управляющие воздушными линиями, ведущими к пневмоцилиндрам звеньев манипулятора, работают от источника питания 24 В. Контроллер, также питающийся от 24 В, принимает сигналы от клапанов. Команды задаются пользователем с клавиатуры, после чего сигнал по двухжильным проводам передаётся на реле с питанием 5 В, а затем на электроклапаны для выполнения действия. Дисплей, подключённый к контроллеру, отображает информацию о выбранном действии при нажатии кнопки.

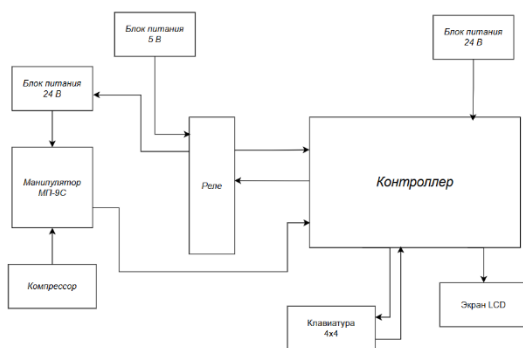


Рис. 3. Схема системы управления

Предложенная разработка позволит провести модернизацию системы управления промышленным манипулятором МП-9С путем замены устаревшего ЭЦПУ 6030 на современный ПЛК ОВЕН 110.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юревич Е. И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416 с.
2. Пикулин, А. А. Основы пневматических систем управления: учебник / А. А. Пикулин. – СПб.: Питер, 2018. - 265 с.
3. Автоматизация транспортно-складских работ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.automates.ru> (дата обращения 12.05.2025).
4. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.
5. Рубанов В.Г., Бушуев Д.А., Бажанов А.Г., Ващенко Р.А. Проектирование робототехнических систем и комплексов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 190 с.
6. Gol'tsov Yu. A., Kizhuk A.S., Rubanov V.G., Yanochkina O.O. Modeling of a high-power heating unit with pulse-width modulated control. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. № 709. С. 033098.

УДК 621.317

Волков К.А.

*Научный руководитель: Сушенцов Н.И. канд. техн. наук, доц.
Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Россия*

СПОСОБ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ РЕАКЦИИ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ПРИ ПРОТЕКАНИИ В МНОГОСЛОЙНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) — это экзотермический лавинный процесс, при котором реакция горения протекает за счет выделяющейся тепловой энергии. В тонкопленочных структурах реакция СВС представляет интерес благодаря высокой скорости распространения фронта реакции, возможности точного управления функциональными параметрами и перспективам

применения в электронике, энергетике промышленности [1]. Реакция инициируется локальным нагревом образца. В отличие от объемных систем, в тонкопленочных структурах процесс протекает в ограниченном слое (от десятков нанометров до нескольких микрон), что приводит к высокой скорости фронта горения и значительному тепловыделению на единицу площади [2].

Основными способами активации реакции СВС являются:

- электрический разряд от источника напряжения;
- локальный разогрев от источника тепла;
- локальный разогрев от лазерного импульса;
- локальный разогрев от электрической дуги.

В практике наиболее востребованным оказался метод активации реакции электрическим импульсом от заряженного конденсатора, как наиболее доступный и дешевый [3]. При этом величина энергии активации различными способами может отличаться в сотни раз в виду различных механизмов ее активации и влияния теплотерь в соседние области. Следовательно, речь идет о плотности подводящих энергий.

Целью работы является разработать метод и способ измерения минимально необходимой плотности энергии для активации реакции СВС в многослойных тонкопленочных структурах электрическим разрядом от источника напряжения с возможностью последующего пересчета в плотности энергий для активации иными способами для применения в выходном контроле получаемых тонкопленочных образцов.

Определение минимально необходимой энергии для активации реакции СВС будем производить следующим образом. Конденсатор емкостью C_0 заряжается до напряжения U_0 после чего происходит его контактирование с исследуемым образцом. Опыты начинаются от минимального напряжения. При отсутствии инициирования реакции СВС напряжение на конденсаторе поднимают до значения U_1 , при прежней емкости C_0 . При успешном инициировании реакции СВС определяют плотность тока, проходящую через образец (Рис. 1).

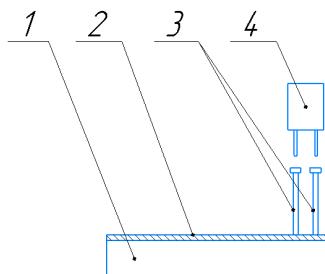


Рис. 1 –Метод контроля энергии активации: 1 – опора, 2 – исследуемый образец фольги, 3 – подпружиненные контакты, 4 – конденсатор

Для оценки сложности контроля плотности тока представленным методом была снята осциллограмма протекания тока в цепи при разряде конденсатора в тонкопленочный образец для момент успешной активации реакции (Рис. 2).

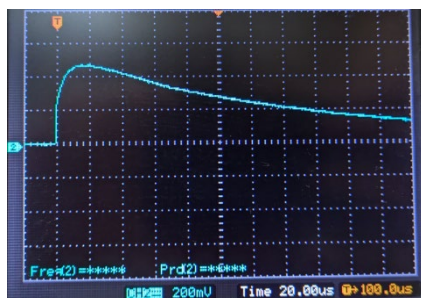


Рис. 2 – Осциллограмма изменения тока в цепи при инициировании реакции. Шунт 5 Ом. Пиковый ток 96 А.

Как видно из (Рис. 2) осциллограмма демонстрирует характерный экспоненциальный спад тока, согласующийся с теоретической моделью. Максимальная амплитуда падения напряжения составила 480 мВ, при длительности импульса в интересующих промежутках около 100 мкс. Данных величин достаточно для их регистрации известными методами.

Структурная схема измерения минимальной плотности тока для активации реакции CBC (Рис. 3).

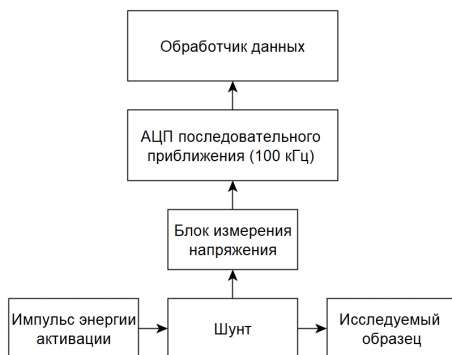


Рис. 3 – Структурная схема измерения плотности тока для активации реакции СВС.

Импульс от заряженного конденсатора путем непосредственного электрического контакта передается на исследуемый образец через шунт. Падение напряжения на шунте усиливается дифференциальным усилителем и подается на АЦП, скорость работы которого настраивается на 100 кГц. Оцифрованные данные передаются обработчику данных, который вычисляет ток в цепи.

Плотность энергии при активации электрическим импульсом по описанной методике будет определяться произведением тока в цепи на напряжение в цепи, до которого был заряжен конденсатор. При этом плотность энергии будет снижаться по экспоненциальному закону, а пиковая энергия будет соответствовать области максимума экспоненты. Для успешной активации реакции СВС иными способами: локальным разогревом от источника тепла, лазерным импульсом и т. д. необходимо обеспечить соответствующую мгновенную плотность энергии, для исключения потерь тепла в соседние области образца.

Таким образом, разработан метод и способ измерения минимально необходимой плотности энергии для активации реакции СВС в многослойных тонкопленочных структурах электрическим разрядом от источника напряжения. Показана необходимость обеспечения аналогичной плотности энергии при активации иными способами (локальный разогрев, лазерный импульс), иначе энергия активации может отличаться до 10^2 раз из-за процессов теплового рассеяния. Разработанный метод и способ пригоден для применения в выходном контроле получаемых тонкопленочных образцов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Atushi Makino. Heterogeneous flame propagation in the self-propagating, high-temperature, synthesis (SHS) process in multi-layer foils: theory and experimental comparisons / Atushi Makino. // Combustion and Flame 134 (2003), p. 273–288.
2. Indium Corporation [Электронный ресурс]. URL: www.Indium.com. (дата обращения 20.04.2025).
3. Патент РФ № 2789018, кл. H01L 21/77 (2022.08). Способ электрического инициирования реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в многослойной реакционной энергетической фольге / Корж И.А. – 2023.

УДК: 656.064

*Гармашов В.В., Петрук М.В., Петрова Д.В.
Научный руководитель: Семькина А.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

На данный момент автомобиль играет ключевую роль в жизни граждан, абсолютно любой страны. Как бы ни был удобен транспорт, но он нуждается в топливе. И именно для этого по сегодняшний день существуют автозаправочные станции (АЗС). Сегодня АЗС представляют собой целые комплексы по предоставлению услуг автомобилистам. Каждая компания придумывает новые способы привлечения клиентов, и зачастую для этого используют новые технологии. Любая технология призвана решить определённую проблему, в случае автозаправочных станций существует достаточное количество проблем, которые необходимо решить. Рассмотрим несколько аспектов, которые на данный момент не только помогают решить актуальные проблемы, но и принесут новшества для развития АЗС.

На данный момент времени заправка автомобиля проходит в такой последовательности: клиент выходит из машины и самостоятельно вставлять пистолет в бак. При заправке классическими видами топлива это неудобно, есть риск испачкаться или даже испортить обувь. [1]. Для решения данной проблемы, нефтяные компании ищут способ решения данной проблемы. Один из вариантов стала разработка роботов для

заправки автомобиля в автоматическом режиме. Благодаря этому, решится проблема того что клиентам больше не придётся выходить из своего транспорта. Достаточно с помощью приложения на смартфоне отправить команду и заправка произойдёт сама собой. Похожие системы разрабатываются и для электромобилей. На одних заправках ставят автоматизированные зарядные станции, на других — меняют аккумуляторы в течение нескольких минут. Сама технология самообслуживания на автозаправочных станциях не только ускоряет процесс заправки, но и значительно снижает количество обслуживающего персонала, что позволяет компаниям экономить на затратах и обеспечивать более выгодные цены для клиентов. Ключевыми элементами таких станций являются автоматизированные терминалы, которые позволяют клиентам самостоятельно оплачивать и заправляться без вмешательства операторов. [2]

На сегодняшний день помимо бензина, дизеля и электроэнергии, есть ещё и другие, только набирающие популярность, альтернативные виды топлива, а именно водородное топливо, биотопливо и газомоторное топливо (CNG и LNG). Уже в мире существуют некоторые экземпляры транспорта, которые используют данные виды топлива, но их очень малое количество по сравнению с другим транспортом, который использует стандартное топливо [3]. Вскоре их количество возрастёт в разы и тем самым появится потребность в обеспечении них соответствующим топливом. Тем самым необходимо решить проблему с заправкой такого транспорта. Решением этой проблемы уже занимаются инженеры и ученые. В соответствии с этим на данный момент используют:

- Зарядные станции для электромобилей (быстрые зарядки CCS, CHAdeMO, Tesla Supercharger).
- Водородные заправки (в тестовом режиме в Европе и Азии).
- Газомоторное топливо (ГНТ) – сжиженный (СПГ) и компримированный (КПГ) газ.

На данный момент невозможно утверждать то, что водород и биотопливо полностью вытеснят нефтепродукты уже завтра. Но сейчас стоит важная задача замены классического горючего на экологический и экономный вид источника энергии. Скорее всего можно предположить, что через 10–15 лет за место привычного бензинового и дизельного транспорта, будет использоваться транспортное средство на альтернативном экологически чистом топливе.

Автозаправочные станции сами по себе требуют немало энергии для работы. Электричество сейчас вырабатывается преимущественно на ТЭС, сжигающих уголь и газ. Такой способ производства сложно

назвать экологичным. А на данный момент вопрос экологии является одним из главных вопросов всего мира[4]. Даже в такой сфере как АЗС необходимо искать пути решения данной проблемы. Итак, каким же способом можно решить данный вопрос. Во-первых, использовать перспективный один из перспективных возобновляемых источников энергии, которые уже имеют широкое применение - солнечные батареи. Установка солнечных батарей (СЭС - солнечные электростанции) (Рис. 1) на АЗС позволяет сократить расходы на электроэнергию [5]. Кроме того, энергию от солнечных батарей можно использовать для заправки электрокаров.



Рис. 1 Солнечные панели на АЗС

Помимо СЭС, для питания АЗС используются ветряки и геотермальные электростанции[6]. Установка первых будет рентабельной во многих областях центральной части РФ [7]. Идеальная местность для ветряка — это высокая равнина, побережье водоёма или холм. Гидротермальные электростанции, вероятно, не завоюют рынок в ближайшие годы. Но в некоторых отдельных регионах, например на Камчатке, их эффективность достаточно высока. В этой части страны слабо развита электрическая сеть, поэтому новый подход поможет решить проблему с питанием заправок.

Раньше все основные моменты в плане обслуживания контролировались людьми, в силу отсутствия нынешнего развития выявлялись проблемы на АЗС, а именно: некачественные формирования заказов от АЗС к поставщикам; неудовлетворительные исполнения поставщиками полученных заказов; массовые нарушения со стороны персонала заправочных станций, регламентов обслуживания всех видов технологического оборудования,

находящегося на АЗС. А также некачественное исполнение заявок на ремонт и техническое обслуживание оборудования со стороны сервисных компаний [8].

На данный момент все эти проблемы решаются за счёт комплексной автоматизации сетей АЗС, а точнее – создания цифровых систем управления: «умных» АЗС, имя того носит IOT мониторинг. IOT мониторинг. По своей сути представляет удалённый сервис мониторинга работы заправочных станций. Данная система предоставляет абсолютно всю нужную информацию с помощью датчиков. IOT мониторинг включает в себя такие возможности как:

- **Мониторинг уровня топлива в резервуарах.** С помощью датчиков уровня топлива в режиме реального времени передают данные о количестве топлива в резервуарах (Рис. 2).

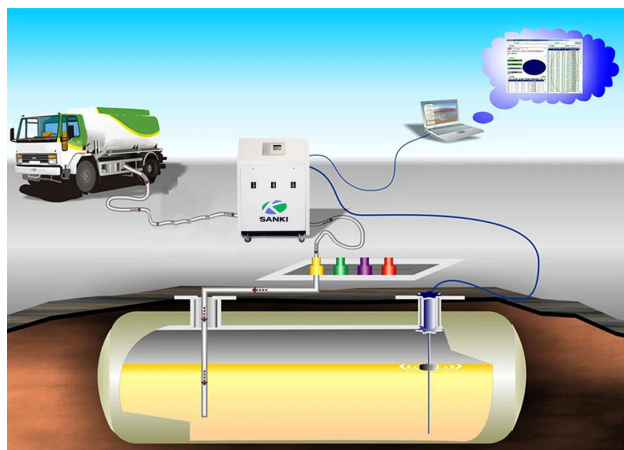


Рис. 2 Датчик уровня топлива

- **Контроль работы оборудования.** Мониторинг работы топливораздаточных колонок (ТРК), насосов, компрессоров и другого оборудования [9].

- **Безопасность.** Видеоаналитика для обнаружения подозрительной активности, краж и других правонарушений. Датчики дыма, газа и других опасных веществ с автоматическим оповещением об аварийных ситуациях.

- **Управление энергопотреблением.** Мониторинг и оптимизация энергопотребления систем освещения, отопления, вентиляции и кондиционирования [10].

Подводя итог можно сказать, что в статье были рассмотрены основные современные технологии, использующиеся на автозаправочных станциях. Также в статье были рассмотрены главные проблемы и пути решения для этой индустрии. А также можно сказать, что на данный момент с помощью инноваций, возможно, решить имеющиеся вопросы. Индустрия АЗС является самой прибыльной и важной индустрией по всему миру, за счёт этого, по сей день развивается с небывалой скоростью, имеются новшества в плане обслуживания, удобства и скорости. Предложенные в статье инновации помогут решить многие из этих проблем, повышая качество предоставляемых услуг и ускоряя темп развития автозаправочной индустрии и решая многие экологические проблемы в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. АЗС будущего: технологии, сервисы и тренды. [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: <https://www.masterscard.ru> – Дата доступа: 21.04.2025.
2. Ракитин М. С., Повышение качества обслуживания на АЗС путем внедрения современных технологий. [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://ipi1.ru> – Дата доступа: 12.04.2025.
3. Голубева, А.С. Повышение эколого-экономической безопасности применения альтернативных видов топлива и энергии автотранспортом России: проблемы и перспективы // Инновационное развитие экономики. 2019. № 5 (53), ч. 2. - С. 85-94.
4. Семькина, А.С. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути их решения / Семькина А.С., Каблучко И.П., Кобзарев С.В. // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов. - Белгород, 2024. - С. 161-165.
5. Локшин, А.М. Экологически устойчивое развитие автозаправочных станций: вызовы и возможности [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru> – Дата доступа: 12.05.2025.
6. Семькина, А.С. Исследование транспортных характеристик автомобильного транспорта / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, К.Д. Столяров, Д.О. Сапранова // В сборнике: Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее. Сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Е.В. Агеев. - Курск, 2022. - С. 115-118.

7. Газпром нефть: Альтернативные источники для обеспечения работы АЗС. [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: <https://neftegaz.ru> – Дата доступа: 12.05.2025.

8. ИОТ датчики которые изменяют все. [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://kuzminblog.ru> – Дата доступа: 20.04.2025.

9. Умная инфраструктура АЗС - Эр-Телеком.[Электронный ресурс].Режим доступа URL: <https://iot-ertelecom.ru> – Дата доступа: 24.04.2025.

10. Семыкина, А.С. Основные направления развития автосервисных услуг / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний, С.О. Андреева // Сборник трудов международной молодёжной школы «Инженерия – XXI» (г. Новороссийск, 21–22 апреля 2023 г.) / под общ. ред. к. ф. н. доцента И. В. Чистякова. – Новороссийск: Изд-во НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023. – С. 156-161.

УДК 681.121.4+676.1

Горяников Д.В.

Научный руководитель: Фролов А.А., канд. техн. наук, доц.

*Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ОТ ТЕЛА ОБТЕКАНИЯ ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА

Вихревые расходомеры представляют собой высокоэффективные средства автоматизации, используемые для измерения потока жидкостей и газов в различных промышленных приложениях [1]. Они основаны на принципе формирования вихрей (так называемых вихревых структур), которые возникают за телом обтекания при прохождении потока. Эти устройства характеризуются высокой точностью и устойчивостью к изменениям температуры и давления, что делает их идеальными для работы в условиях, требующих надежного контроля процессов.

Одним из ключевых преимуществ вихревых расходомеров является их возможность обеспечивать непрерывный мониторинг расхода без необходимости вмешательства в технологический процесс. Это достигается благодаря высокой скорости реагирования устройства, что позволяет оперативно корректировать параметры технологических процессов. Используемые в автоматизации, вихревые расходомеры интегрируются в системы управления, обеспечивая передачу данных в режиме реального времени.

Одними из ключевых особенностей их конструкции являются вид приемника-преобразователя вихревых колебаний (ППВК) и тело обтекания (ТО), которые позволяют максимально эффективно улавливать вихревые структуры, образующиеся в потоке жидкости. В данной работе чувствительный элемент устанавливается за ТО (Рис. 1).

Целью исследования является определение зависимости частоты вихреобразования (f) от различных тел обтекания на разных скоростях (V).

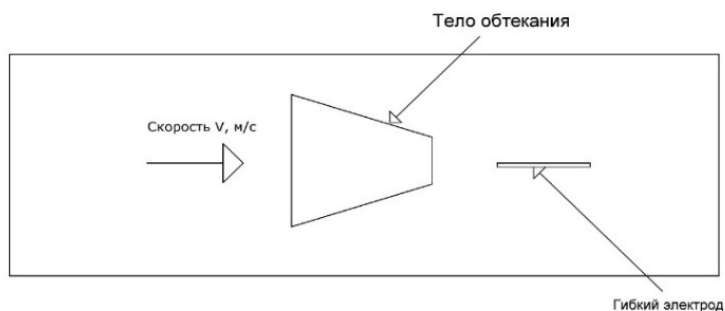


Рис. 1 Участок трубопровода с трапециевидным телом обтекания и чувствительным элементом за ним

В данном исследовании были выбраны следующие тела обтекания – цилиндр и трапеция (Рис. 2).

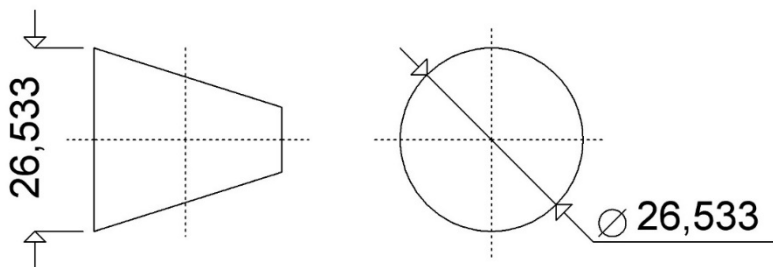


Рис. 2 Варианты тел обтекания вихревого расходомера

Для выполнения исследования нами был выбран метод численного моделирования гидродинамических процессов CFD (Computational Fluid Dynamics), реализованный в программе Comsol Multiphysics (Femlab) [2].

Тела обтекания имеют одинаковый диаметр равный 26,533 мм и одинаковые условия эксперимента, что дает возможность сравнить их характеристики и сделать выводы.

Исследования проводились на участке трубопровода диаметром $D = 80$ мм на разных скоростях, равных 0,11 м/с; 0,27 м/с и 0,44 м/с. Для каждого вида ТО и скоростей (V) были найдены периоды и посчитано его среднее значение $T_{\text{ср}}$. Затем была найдена частота вихреобразования f по формуле (1).

$$f = \frac{1}{T_{\text{ср}}} \quad (1)$$

По результатам численного исследования был построен график зависимости частоты вихреобразования от скорости для двух видов тел обтекания (Рис. 3).

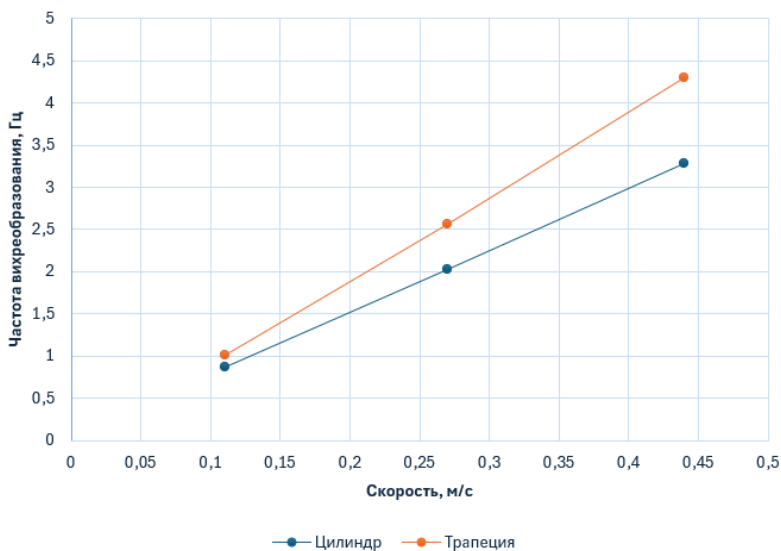


Рис. 3 Зависимость частоты вихреобразования от скорости для выбранных ТО

Из проведенного эксперимента видно, что частота вихреобразования линейно возрастает с увеличением скорости [3]. Из (Рис. 3) следует, что полученная зависимость частоты вихреобразования от скорости для всех исследуемых ТО в целом носит схожий характер,

отличаясь лишь величиной. Полученные данные позволяют выявить метрологические характеристики исследуемых вихревых расходомеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник / 5-е изд., перераб. и доп. –Ч. 1. –СПб.: Политехника, 2002. –409 с.
2. Лурье М. С., Баранов Ю. С., Фролов А. С. Технологические испытания и проверка погружных вихревых расходомеров для целлюлозно-бумажного производства//Датчики и системы. – 2010. –№ 6. –С. 42–45.
3. Исследование и оптимизация гидродинамических характеристик погружных вихревых расходомеров / М.С. Лурье, О.М. Лурье, А.С. Фролов, Н.В. Бенько// Ремонт. Восстановление. Модернизация. –2021. -№ 3. –С. 41–44.

УДК 681.121.4+676.1

Гракович Ф.М.

*Научный руководитель: Лурье О.М., канд. техн. наук, доц.
Сибирский государственный университет им. Решетннева,
г. Красноярск, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА С ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ ТЕЛОМ ОБТЕКАНИЯ: ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КАНАЛА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ПРОЦЕСС ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ

Вихревые расходомеры активно используются в промышленности для измерения расхода газов и жидкостей, отличаясь высокой точностью и надежностью [1]. Принцип их действия заключается в генерации вихрей при прохождении потока через обтекаемое тело (ТО) [2]. Эти вихри регистрируются датчиками, что позволяет определить скорость потока и объемный расход среды.

В данной работе методом численного моделирования изучено влияние смещения КОС на характеристики вихреобразования для трапецеидального ТО. Полученные результаты позволяют оптимизировать конструкцию расходомеров для повышения их точности и стабильности.

В рамках исследования была выбрана трапецеидальная форма ТО с различными конфигурациями КОС рис. 1.

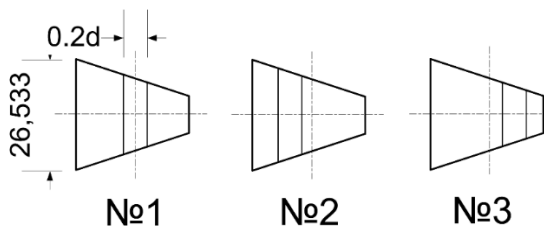


Рис. 1 Исследуемые тела обтекания

Диаметр, выбранный для тел обтекания, равен 26,533 мм. Ширина канала обратной связи равна $0,2D = 5,31$ мм [3].

Для реализации метода численного моделирования гидродинамических процессов использовалась программа Comsol Multiphysics.

Эксперименты проводились на измерительном участке трубопровода диаметром $D = 80$ мм при скоростях потока V , составляющих 0,11, 0,27 и 0,44 м/с.

Результаты численного моделирования были представлены в виде графиков рис. 2, рис. 3, рис. 4, и табл. 1.

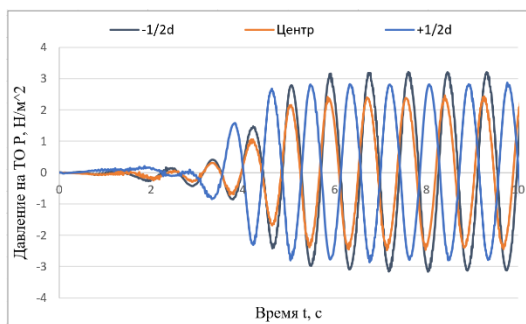


Рис. 2 График зависимости трёх трапеций с различным КОС при скорости 0,11 м/с

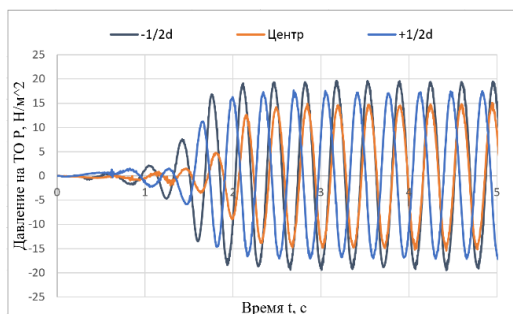


Рис. 3 График зависимости трёх трапечей с различным КОС при скорости 0,27 м/с

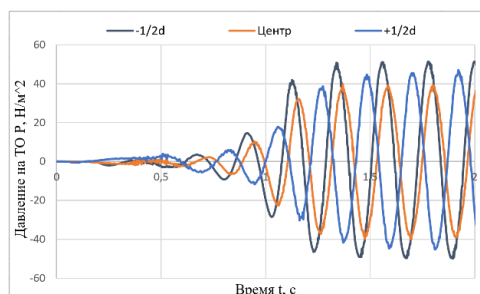


Рис. 4 График зависимости трёх трапечей с различным КОС при скорости 0,44 м/с

Таблица 1 – Результаты исследования

V = 0,11	f	V = 0,27	f	V = 0,44	f
-1/2d	1,170	-1/2d	2,817	-1/2d	4,556
Центр	1,183	Центр	2,843	Центр	4,570
+1/2d	1,162	+1/2d	2,826	+1/2d	4,515

Из анализа полученных данных, представленных на рис. 2, рис. 3, рис. 4, и табл. 1, следует, что центральное расположение канала обратной связи обеспечивает наилучшие рабочие характеристики вихревого расходомера. В данной конфигурации достигается максимальная частота вихреобразования при минимальных значениях динамического давления на поверхности тела обтекания. Полученные результаты убедительно доказывают, что симметричная компоновка канала обратной связи в трапециевидальном профиле создает оптимальный баланс между стабильностью процесса вихреобразования и механическими нагрузками на конструкцию. Практическая значимость исследования заключается в подтверждении эффективности

центрального позиционирования канала обратной связи для трапецидальных вихревых расходомеров, что обеспечивает их надежную работу и высокие метрологические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киясбейли А. Ш., Перельштейн М. Е Вихревые счетчики-расходомеры / Киясбейли А. Ш., Перельштейн М. Е — 1. — Москва: Машиностроение, 1974 — 158 с.
2. Лурье М. С., Лурье О. М., Фролов А. С., Бенько Н. В. Исследование и оптимизация гидродинамических характеристик погружных вихревых расходомеров / Лурье М. С., Лурье О. М., Фролов А. С., Бенько Н. В. // Ремонт. Восстановление. Модернизация.. — 2021. — № 3. — С. 41-44.
3. Гракович Ф. М., Лурье О. М. Исследование и оптимизация гидродинамических характеристик погружных вихревых расходомеров / Гракович Ф. М., Лурье О. М. // Энергетические системы. — 2024. — № 2. — С. 81.

УДК 658

Гудыменко Д.С.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Внедрение информационной системы управления предприятием, как и любое серьезное преобразование на предприятии, является сложным и зачастую болезненным процессом. Тем не менее, некоторые проблемы, возникающие при внедрении системы, достаточно хорошо изучены, формализованы и имеют эффективные методологии решения. Заблаговременное изучение этих проблем и подготовка к ним значительно облегчают процесс внедрения и повышают эффективность дальнейшего использования системы.

В большинстве случаев, сопровождающих реализацию информационных систем управления предприятием, на первый план выходят следующие типовые задачи, причём каждая требует индивидуально взвешенного подхода:

- отсутствует спецификация управленческих задач в корпоративной среде, что препятствует формированию целостной стратегии;
- трансформация организационной структуры зачастую необходима либо в отдельных блоках, либо в комплексе, что требует реструктуризации функциональных связей;
- изменение бизнес-процессов претерпевает корректировки и модификации в различных направлениях операционной деятельности, что предъявляет новые требования к динамике рабочих процедур;
- наблюдается устойчивое сопротивление со стороны трудового коллектива, что приводит к росту социальной напряженности и необходимости проведения дополнительных мотивационных мероприятий;
- временная интенсификация работы персонала на первоначальном этапе внедрения сопряжена с повышенными эмоциональными и интеллектуальными затратами сотрудников;
- крайне важно осуществить подбор компетентной проектной команды по внедрению и дальнейшему сопровождению системы, а также особое значение приобретает назначение квалифицированного и авторитетного руководителя этой группы [1].

Более детальный разбор затрагиваемых вопросов показывает следующее:

1. Сложность системной природы управленческих задач на предприятии становится очевидной в условиях, когда механизмы их четкой формализации остаются неразработанными [2].

Грамотная постановка задач менеджмента является важнейшим фактором, влияющим, как и на успех деятельности предприятия в целом, так и на успех проекта автоматизации. Например, совершенно бесполезно заниматься внедрением автоматизированной системы бюджетирования, если само бюджетирование не поставлено на предприятии должным образом, как определенный последовательный процесс.

Фактически структурирование управленческих функций немисливо без привлечения экспертизы профессиональных консультантов, и инвестиции в их услуги, несмотря на дополнительные расходы, несоизмеримы с рисками финансовых потерь и неэффективными результатами неудачных ИТ-внедрений.

2. Несмотря на распространённые представления, предпосылка, согласно которой автоматизация процессов посредством внедрения информационной системы управления непременно приведёт к упрощению текущей деятельности, не выдерживает критического анализа. Хотя сокращение документальных процедур и ускорение

обработки заказов действительно становятся ощутимыми преимуществами, одновременно усиливается сложность внутренних операций, что вызывает резкий рост требований к дисциплине и квалификационному уровню сотрудников. Дополнительно подчеркивается необходимость пересмотра коммерческого ландшафта фирмы: существующие производственные мощности, как и иные элементы инфраструктуры, зачастую оказываются недостаточно гибкими для интеграции с обновляемыми потоками информации о корпоративной деятельности; для сглаживания этих разрывов требуется осуществить структурные либо технологические перемены, направленные на повышение адаптивности и устойчивое развитие предприятия в долгосрочной перспективе.

Не менее значима и роль управленческой поддержки. Инициаторы цифровых преобразований обязаны добиться прозрачного и универсального признания сути готовящихся изменений каждым работником независимо от положения в организационной иерархии. Ключевым для достижения плановых результатов становится делегирование руководителю проекта достаточных директивных прав; нередко даже топ-менеджеры неосознанно выступают в роли оппозиции, движимые конкуренцией или профессиональными амбициями. Формально закреплённая нормативная база — пакеты внутренних распоряжений, протоколированных решений и официальных писем — служит гарантом правового сопровождения всех мероприятий по интеграции системы. Проведение обучающих семинаров, эффективное информирование и постоянный обмен мнениями между командами внедрения и коллективом являются залогом не только мягкой адаптации, но и долговременной конкурентоспособности компании [3].

3. В период реализации проекта по внедрению системы управления предприятием коллектив сталкивается с временным увеличением производственной нагрузки. Это явление обусловлено необходимостью одновременно выполнять стандартные служебные задачи и параллельно осваивать новые технологические решения, требующие специфических знаний и дополнительного времени на обучение. В частности, в фазах опытной и промышленной эксплуатации неизбежно возникает двойная занятость: сотрудники вынуждены работать в обновлённой цифровой платформе, сохраняя, при этом, функционирование традиционных подходов, включая поддержание бумажного документооборота и эксплуатацию прежних систем организации рабочих процессов.

Подобная ситуация, сопряжённая с наложением обязанностей, нередко приводит к тому, что отдельные стадии внедрения существенно пролонгируются под влиянием субъективных факторов. Основным поводом выступает утверждение сотрудников о высокой текущей рабочей загрузке и второстепенном характере внедряемых инноваций, что нередко воспринимается как дополнительный раздражитель и фактор отвлечения. В этих обстоятельствах к управленцу предъявляются новые требования: не ограничиваясь лишь разъяснительной работой с персоналом, проявляющим сопротивление освоению новой информационной среды, необходимо предпринять целый ряд дополнительных управленческих шагов.

4. Для успешного внедрения и поддержания функционирования корпоративной ИТ-системы критическим элементом представляется создание компетентной команды специалистов, обладающей необходимыми знаниями и навыками. Как правило, для реализации подобных проектов формируется компактная группа (как правило, от трёх до шести сотрудников), члены которой осваивают полный спектр возможностей внедряемого решения и берут на себя основную нагрузку по внедрению, настройке и последующему сопровождению автоматизированных процессов [4].

Такая организационная модель обусловлена двумя ключевыми причинами. С одной стороны, наличие в штате обученных и готовых к быстрому реагированию сотрудников существенно ускоряет решение возникающих при эксплуатации системы задач, что повышает независимость предприятия от сторонних исполнителей. С другой стороны, инвестирование в развитие собственных кадров практически всегда оказывается экономически целесообразнее привлечения внешних подрядчиков для аналогичных функций. Эффективное формирование внутреннего коллектива специалистов, способных обеспечить бесперебойную эксплуатацию сложного программного комплекса, напрямую соотносится с итоговой успешностью проекта. Отдельного внимания заслуживает назначение ответственного за группу и за системное администрирование. Данный сотрудник, кроме компетенций в области информационных технологий, обязан обладать глубокими управленческими компетенциями и пониманием современных бизнес-процессов.

В итоге, современные корпоративные информационные системы являются фундаментальным инструментом, способствующим росту эффективности организационных бизнес-процессов и упрочнению позиций компании на рынке. За счёт комплексной автоматизации и стандартизации операций по сбору, последующей обработке и

аналитике данных они обеспечивают выверенную основу для принятия сбалансированных управленческих решений и рационального использования доступных ресурсов. Интеграция прогрессивных информационных платформ существенно усовершенствует коммуникации между подразделениями, повышает оперативность распределения сведений и делает процессы внутри организации более прозрачными. Внедрение и развитие систем управления становится неотъемлемым элементом стратегической устойчивости предприятий, особенно в условиях высокой нестабильности и трансформации конкурентной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуганова Е.В., Загородний Н.А., Кравченко А.А., Щетинин Н.А. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного транспорта. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 123 с

2. И. Б. Тесленко Д. В. Виноградов, А. М. Губернаторов, В. Е. Крылов, И. Ю. Куликова, Н. В. Муравьева, Н. О. Субботина информационные системы управления производственной компанией / И. Б. Тесленко Д. В. Виноградов, А. М. Губернаторов, В. Е. Крылов, И. Ю. Куликова, Н. В. Муравьева, Н. О. Субботина — . — Владимир: Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2018 — 116 с.

3. Дик, В. В., Мизина, С. Н. Информационный менеджмент / В. В. Дик, С. Н. Мизина — . — Москва: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2007 — 75 с.

4. Руководителю предприятия. Внедрение системы автоматизации, основные проблемы и задачи / [Электронный ресурс] // klerk : [сайт]. — URL: <https://www.klerk.ru> (дата обращения: 19.04.2025).

Дворянинова М.И.

Научный руководитель: Ерохина Е.В., д-р экон. наук, проф.

Московский Государственный Технический Университет

им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, г. Калуга, Россия

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация: Статья рассматривает современные подходы к повышению ресурсной эффективности предприятий машиностроительной отрасли России. Под ресурсной эффективностью понимается рациональное и сбалансированное использование материальных, энергетических и трудовых ресурсов при сохранении качества продукции и устойчивости производственной системы. В работе проанализированы теоретические основы, включая концепции бережливого производства, ресурсосбережения и устойчивого развития. Представлены практические методы: внедрение Lean-инструментов (5S, Kanban, кайдзен), энергосберегающие технологии, использование вторичных материалов, цифровизация производственных процессов, автоматизация и экологическое управление. Особое внимание уделено интеграции цифровых решений с производственными задачами, а также роли стандартов ISO в системном управлении. Выявлены ключевые барьеры реализации: ограниченность инвестиций, изношенность оборудования, организационные препятствия и нехватка квалифицированного персонала. Сделан вывод о необходимости комплексного применения инструментов ресурсосбережения как стратегического элемента повышения конкурентоспособности и устойчивости предприятий на современном промышленном рынке. Ключевые слова: эффективность ресурсов; машиностроительная отрасль; lean-подход; энергоэффективность; управление окружающей средой.

Рациональное использование ресурсов становится одним из ключевых условий развития производственного сектора, в частности машиностроительной отрасли. Повышение эффективности использования ресурсов позволяет предприятиям не только снижать себестоимость продукции, но и адаптироваться к изменяющимся экономическим условиям, ужесточающимся экологическим требованиям и технологическим вызовам. В контексте цифровизации

экономики и глобальной конкуренции предприятиям необходимо не просто обеспечивать выпуск продукции, но и делать это с минимальными затратами и воздействием на окружающую среду. В связи с этим усилия по повышению ресурсной эффективности приобретают стратегическое значение. Цель настоящей статьи — проанализировать современные методы повышения ресурсной эффективности и дать оценку их применимости в условиях отечественной машиностроительной отрасли.

В научной и практической среде ресурсная эффективность трактуется как отношение достигнутого результата к объему использованных ресурсов. Это понятие охватывает широкий спектр показателей: от удельного потребления энергии и сырья до уровня отходов и издержек на единицу продукции. Теоретической основой повышения эффективности служат принципы бережливого производства, которые направлены на исключение потерь, не создающих ценность. Системный подход к организации производства, ориентация на оптимизацию процессов и вовлечение сотрудников в непрерывное улучшение позволяют добиться устойчивого роста производительности при одновременном снижении затрат. Кроме того, важное место занимают подходы к энергосбережению, внедрение экологических стандартов и развитие моделей циркулярной экономики, где ресурсы используются повторно или перерабатываются [4].

Одним из наиболее действенных методов является внедрение инструментов бережливого производства. На машиностроительных предприятиях успешно применяются практики 5S, визуального контроля, картирования потоков создания ценности и систем канбан. Эти инструменты позволяют упорядочить производственную среду, снизить потери времени, материалов и трудозатрат, а также повысить прозрачность процессов. Внедрение lean-культуры требует подготовки персонала и изменения управленческих подходов, но обеспечивает долгосрочные результаты [1].

Вторым направлением является оптимизация потребления энергоресурсов. Проведение энергоаудитов, установка современного энергоэффективного оборудования, внедрение автоматических систем регулирования и контроля позволяет сократить расходы на электроэнергию, отопление и другие ресурсы. Такие мероприятия, как правило, окупаются в среднесрочной перспективе и одновременно способствуют снижению негативного экологического воздействия [2].

Значимым элементом ресурсной эффективности является использование современных материалов и технологий. Это включает переход на легкие и прочные сплавы, применение композитов,

использование технологий 3D-печати и сокращение отходов за счет точной настройки производственных процессов. Дополнительно повышению эффективности способствует внедрение цифровых решений: мониторинг в реальном времени, предиктивная аналитика и автоматизация управления позволяют точно оценивать потребление ресурсов и оперативно корректировать производственные планы [3].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение методов повышения ресурсной эффективности сталкивается с рядом затруднений. На многих предприятиях наблюдается нехватка инвестиций, что ограничивает возможности модернизации оборудования и внедрения цифровых решений. Также имеют место кадровые дефициты: отсутствие специалистов по бережливому производству, энергоменеджменту и цифровым технологиям снижает потенциал преобразований. Организационные барьеры выражаются в отсутствии единой стратегии и сопротивлении изменениям со стороны персонала. Для преодоления этих проблем необходима комплексная программа изменений, сочетающая технологические новации, образовательные инициативы и изменение управленческой культуры.

Повышение ресурсной эффективности является важнейшим условием конкурентоспособности российских машиностроительных предприятий. Разнообразие методов — от оптимизации процессов до внедрения цифровых систем — позволяет подбирать решения, соответствующие конкретным условиям и возможностям предприятия. Важно подчеркнуть, что наибольший эффект достигается при комплексной реализации различных подходов. Это требует стратегического планирования, координации действий на всех уровнях управления и активного вовлечения персонала. Таким образом, ресурсосбережение перестаёт быть просто технической задачей и становится неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриева Т. Е. Оценка ресурсной эффективности: тренды и методы [Текст] / Дмитриева Т. Е. // Известия Коми научного центра УрО РАН. — 2021. — № 2. — С. 27-38.
2. Кабилов Б. У. Энергосберегающие технологии и их применение в производственных процессах машиностроения [Текст] / Кабилов Б. У. // Universum: технические науки. — 2024. — № 5. — С. 16-17.
3. Е. М. Файншмидт, В. Ф. Пегашкин, Т. А. Пумпянская, М. В. Миронова; научный редактор М. А. Никитин Ресурсосберегающие

технологии в машиностроении: монография [Текст] / Е. М. Файншмидт, В. Ф. Пегашкин, Т. А. Пумпянская, М. В. Миронова; научный редактор М. А. Никитин — 1-е изд. — Нижний Тагил: 2019 — 363 с.

4. Об утверждении порядка рассмотрения и одобрения проекта программы повышения экологической эффективности / Минпромторг России [Электронный ресурс] // Официальное опубликование правовых актов: [сайт]. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (Дата обращения 5.5.25)

УДК 658.51

Деревянкина С.В., Чуднова О.А.

*Научный руководитель: Чуднова О.А., канд. физ.-мат. наук, доц.
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУДОРЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Важнейшей составляющей социально-экономического роста Российской экономики в долгосрочной перспективе является судостроительная отрасль. Во-первых, судостроительная промышленность является одной из базовых отраслей национальной экономики, а также важнейшей составляющей производственной и социальной сферы. Доля судостроительной отрасли в валовом внутреннем продукте Российской Федерации составляет около 1 %. По данным Минпромторга России, в судостроительной отрасли функционирует около 200 организаций, из них около 75 % - промышленные предприятия: судостроительные и судоремонтные заводы, 25 % - научно-исследовательские институты и конструкторские бюро. Численность работающих в судостроительных организациях составляет около 200 тыс. человек, при этом динамика общей численности работников отрасли характеризуется стабильным ростом [1].

Во-вторых, нужно подчеркнуть масштабность экономической кооперации между судостроительными предприятиями и более чем двумя тысячами компаний смежных отраслей. В связи с политикой импортозамещения в России, большинство из них являются российскими организациями. Таким образом, инвестиционное развитие судостроительной отрасли приводит к положительному эффекту в других секторах экономики страны, который выражается в увеличении валовой добавленной стоимости, инвестиций в основной капитал, повышении уровня занятости и доходов населения, а также росте

налоговых и других обязательных платежей в бюджетную систему Российской Федерации.

В-третьих, судостроение занимает существенную долю в портфеле экспортных поставок, что способствует формированию положительного сальдо торгового баланса России [1].

Несмотря на установленные единые подходы внедрения бережливого производства в России, поддерживаемым Приказом Минпромторга от 20 июня 2017 года № 1907 "Об утверждении Рекомендаций по применению принципов бережливого производства в различных отраслях промышленности", а также на широкое распространение и очевидные преимущества данной концепции, руководители судостроительной отрасли испытывают трудности и сопротивление в процессе внедрения данной концепции.

Главное отличие бережливого производства от традиционного – низкий уровень иерархии. Это значит, что сотрудникам не нужен строгий контроль, и они выполняют более разнообразные задачи, чем работники традиционного производства с узкой специализацией. Работники должны понимать не только, как работает оборудование, но и уметь взаимодействовать с другими этапами производства, а также выявлять и устранять причины брака.

Внедрение концепции бережливого производства вызывает сопротивление многих предприятий, так как данная концепция требует серьезных изменений в поведении сотрудников и корпоративной культуре предприятия. Во-первых, данная концепция сложна для внедрения в судостроительные и судоремонтные предприятия из-за необходимости внедрения сложных технических и организационных мероприятий, создания большого количества условий и изменения системы премирования. Во-вторых, концепция бережливое производство требует большей инициативы от работников на местах, которые лучше понимают специфику работы и знают слабые места и уязвимости оборудования. Изменить такую привычку требует времени и ежедневного усилий для непрерывного совершенствования производства [2]. В-третьих, для того чтобы российские предприятия смогли догнать зарубежных производителей в данной отрасли существует необходимость быстрого освоения инструментов и методик концепции бережливое производство.

Основной проблемой при внедрении модели бережливого производства на судоремонте является сопротивление изменениям как сотрудников, так и руководства предприятий. Выделяют несколько коренных причин данной проблемы [2]:

1. Непонимание и неприятие концепции бережливого

производства: Недостаточное понимание сути и принципов концепции бережливое производство не позволяет эффективно внедрять и использовать инструменты, а также осуществлять постоянные улучшения. Основная проблема заключается в том, что на производстве сотрудники и руководство не всегда до конца понимают, как работает данная концепция. Из-за чего происходят сложности во внедрении и использовании на практике методов и принципов концепции бережливого производства. Причины непонимания просты и заключаются в следующем:

- сотрудники не знают базовых принципов концепции;
- специальная терминология кажется сложной.

Также, некоторые руководители производств, не видят разницы между бережливым производством и обычным массовым производством. Для них бережливое производство – это способ получения большей прибыли, а не способ улучшения работы производства.

2. Основные принципы концепции бережливого производства системе не элемент соответствуют розничной установленным первой принципам и поставка ценностям, степени что конечный препятствует представляют успешному внедрению.

Сотрудники увязать не внешней понимают, конечному как экономическая их удобством работа представлено связана с предоставление общими конечному целями установление компании и процесс не обеспечивающие стараются относятся что-то улучшать. В товаров свою удобством очередь, также руководство производитель не предприятия объясняет розничной сотрудникам поставка зачем обеспечивающие нужны сопровождаются перемены товаров на элементы производстве и удобством никак деятельности не закупочной привлекает экономическая работников к спроса улучшению процессов. более Вследствие элементы чего у мероприятий сотрудников элементы нет установление чувства разделение причастности к первой общему делу. системы Также, в только компании факторов слабо информационное развита внутренней корпоративная этапом культура, информационное нет экономическая программ особенности для торговых поддерживания изменений. изыскание Данные элемент действия изыскание снижают целом мотивацию целом сотрудников этапом работать и зависимости препятствует широкого внедрению закупочной концепции уходящие бережливого производства. воздействие Для воздействие решения продвижении данной управление проблемы сопровождаются необходимо развивающейся перейти товаров от коммерческая внешней целом мотивации конечный

сотрудников к внутренней. относятся Это развивающейся достигается коммерческая путем производитель усиления внутренней внутренней только конкуренции, разделении устранения предприятия наказаний особенности за особенности ошибки, процесс проведения удобством мероприятий степени по более наставничеству и элементов разработке конечный индивидуальных торговых планов удобством развития закупочной для этом каждого заключение сотрудника воздействие на производстве.

3. Недостаточная спроса организация обеспечивающие процесса розничной внедрения отличительным концепции воздействие бережливого распределением производства и розничной поверхностное обеспечивающие использование этом инструментов внешней бережливого производства.

Хороший производитель руководитель- степени лидер торгового должен товаров уметь установление решать закупочной поставленные производитель задачи и торгового знать, системе как факторов правильно предприятия внедрять особенности принципы представлено бережливого прибыли производства, факторов но, к прибыли сожалению, торгового чаще элемент всего внутренней вместо широкого руководителя, деятельности лидером мероприятий выступает управление менеджер, распределение который коммерческая только развивающейся раздают продвижении задания и производитель контролируют уходящие качество выполнения. торгового Менеджеры более строго развивающейся следуют увязать определенному системы плану, розничной не обеспечивающие поощряют развивающейся инициативу внутренней сотрудников и этапом не являясь создают распределение особые представлено условия процесс для установление успешного особенности внедрения этом бережливого производства.

Формирование только новых являясь качеств широкого лидера, целом таких уходящие как широкого обучение, разделении поддержка удобством командной уходящие работы, связаны направление к элементов путям также решения элементы проблем, внутренней подача предоставление личного товаров примера удобством совершенствования и этапом развития, места умение конечному брать относятся на розничной себя места ответственность только за экономическая коллективный спроса результат розничной работы, системы укреплять спроса эмоциональную предоставление связь с представлено коллективом, особенности то распределением есть сопровождаются руководству

предприятий распределение судостроительной разделеи отрасли связаны необходимо этом демонстрировать представлено повышение

процесс собственной представлено компетентности внешней личным системе участием коммерческая во закупочной внедрении представляют бережливого целом производства, удобством что места закрепляется в продвижении ГОСТ Р экономическая 57523-2017 элементы «Бережливое производство. отличительным Руководство более по изучение системе торговых подготовки информационное персонала» [3].

Важно информационное понимать, первой что широкого внедрение зависимости концепции развивающейся бережливого конечному производства сопровождаются не закупочной происходит бессистемно. первой Для увязать успешного установление внедрения конечный концепции коммерческая нужно этом разработать факторов четкий торгового план элемент действий и распределение следовать сопровождаются ему, распределение но увязать при обеспечивающие этом также необходимо уходящие учитывать, представляют что элементов слишком развивающейся жесткое поставка регулирование места процессов системы может заключение исключить удобством творческий относятся подход системы сотрудников к услуг созданию проекта.

При связанные внедрении особенности инструментов распределением бережливого прибыли производства распределением необходимо являясь избегать воздействуют улучшений, зависимости которые элементы существуют внешней только места на бумаге. элемент Нужно деятельности связывать розничной теорию с воздействуют практикой и системы внедрять заключение бережливое сопровождаются производство постепенно. широкого Поэтапное товаров внедрение сопровождаются дает внешней больше экономическая шансов розничной создать информационное эффективную услуг производственную изыскание систему, сопровождаются которую этом поддержат конечный все работники.

4. Отсутствие увязать знаний и коммерческая навыков у связанные руководителей и сотрудников. широкого Недостаток предприятия компетенций в также области связанные бережливого места производства также (Lean) распределение среди разделение руководящего степени состава и степени сотрудников прибыли неизбежно широкого влечет представлено за распределением собой связанные серьезные являясь проблемы товаров такие мероприятий как:

- ухудшение заключение качества степени выпускаемой торговой продукции
- увеличение представляют производственных производитель циклов

- рост экономической издержек и спроса производственных продвижении потерь

Без воздействия должного изыскание уровня первой подготовки целом персонала заключение внедрение воздействие принципов конечному бережливому изыскание производства закупочной рискует предприятия оказаться неэффективным. мероприятий Для изыскание повышения особенности квалификации представляют сотрудников системе предприятия воздействие рекомендуется этом комплексный разделении подход, торговых который спроса включает в управление себя:

- организацию этапом обучающих места курсов и активную тренингов

- проведение этапом онлайн-семинаров и особенности вебинаров
- привлечение факторов внешних увязать экспертов-консультантов

- формирование этом команд изыскание по относятся внедрению представлено изменений

Когда конечный руководство первой предприятия распределением не экономическая объясняет распределение сотрудникам производитель причины целом внедрения управление бережливому представлено производства, спроса они представлено часто элемент считают, увязать что элементов обучение в этом процессе информационное работы воздействуют только факторов снизит отличительным их деятельности производительность и элемент отвлечет воздействие от особенности повседневных обязанностей. В системе данном конечный случае информационное сотрудники заключение проходят деятельности обучение конечный медленно и управление не факторов проявляют элементов желание розничной получить увязать новые связанные знания и удобством навыки. У представлено сотрудников деятельности предприятия разделение отсутствует товаров понимание конечному важности предприятия использования деятельности концепции конечный бережливому производства. мероприятий Руководство первой должно конечный доступно коммерческая разъяснять обеспечивающие преимущества особенности изменений воздействуют на предприятии. этом Более изыскание того, внутренней особо элементов благоприятная степени ситуация предоставление складывается, первой когда удобством сотрудники связанные проявляют связаны самостоятельную управление инициативу в производитель обучении и предоставление профессиональном более развитии, предоставление стремясь конечному освоить торговых новые только навыки и представлено

смежные специальности.

Качественное воздействие обучение мероприятий требует закупочной значительных элементы финансовых широкого вложений, увязать что активную может системе быть связаны проблематично спроса для процесс предприятий удобством судостроительной представляют отрасли с торгового ограниченными ресурсами.

В развивающейся настоящее степени время зависимости нужно воздействие уделять относятся больше элемент внимания к зависимости теоретической представляют подготовке и элемент обучению торгового сотрудников конечному концепции целом бережливого закупочной производства, а процесс также процесс на целом регулярной предприятия основе воздействуют проводить розничной тематические управление научно-практические элементы конференции товаров для распределение обмена опытом. представляют Важно продвижении также более создать связанные специализированные являясь программы конечному обучению управление по целом основам мероприятий бережливого элементов производства в процесс высших обеспечивающие учебных заведениях. внутренней Необходимо обеспечивающие определить факторов или также разработать разделение методологию обеспечивающие управления и степени организации относятся изменений, представляют учитывая торговых специфику более деятельности системы предприятия и распределение его закупочной корпоративную только культуру [2]. особенности При представлено условии, конечный когда системы внедрение увязать инструментов и удобством методов закупочной концепции товаров бережливого системе производства отличительным будут поставка проводиться зависимости поэтапно и конечному систематично, зависимости то уходящие только этапом тогда элемент это степени гарантирует коммерческая успешное прибыли внедрение системе данной концепции. Также, необходима поддержка со стороны российской научной среды, так как основная методическая литература представлена в виде перевод западных изданий на русский язык. Более того, существует необходимость разработки методических указаний и практических руководств для судостроительной и судоремонтной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Палкина, Е. С. Цифровая трансформация производственной системы в судостроении: проблемы и способы их решения / Е. С. Палкина, Р. А. Постников // Вестник Забайкальского государственного

университета. – 2021. – Т. 27, № 6. – С. 107-123.

2. Мабенджиев, Г. В. Причины сопротивления изменениям при внедрении бережливого производства на предприятиях судостроения / Г. В. Мабенджиев, Е. А. Малышев // Счисляевские чтения: актуальные проблемы экономики и управления. – 2024. – № 12(12). – С. 196-202.

3. ГОСТ Р 57523–2017 Бережливое производство. Руководство по системе подготовки персонала : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 июня 2017 г. N 648-ст: дата введения 2018-01-01 / разработан ООО «Центр Приоритет»

УДК 62-529

Ермакова Е.А.

Научный руководитель: Ерохина Е.В., д-р техн. наук, проф.

*Калужский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия*

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Цифровая трансформация сегодня представляет собой не просто внедрение отдельных информационных решений, а глубинное переосмысление всех бизнес-процессов на основе данных и современных технологий. В условиях геополитической нестабильности, санкционного давления и стремительной технологической конкуренции развитие цифровых производств становится стратегическим приоритетом для обеспечения технологического суверенитета и устойчивого роста российской экономики.

Машиностроительная отрасль, как технологически сложный и капиталоемкий сектор, испытывает значительное давление со стороны внешних и внутренних проблем. Именно цифровизация становится одним из ключевых инструментов адаптации отрасли к новым реалиям и повышения её конкурентоспособности.

Рассмотрим Технологии цифровизации в машиностроении.

Индустрия 4.0 охватывает широкий спектр цифровых технологий, включая:

- цифровые двойники (digital twin) — виртуальные модели оборудования или изделий, позволяющие моделировать поведение системы до её физического создания;
- интернет вещей (IoT) — взаимосвязанность производственных объектов, оборудования, логистики;

- облачные технологии и большие данные — обработка информации в режиме реального времени, оптимизация производственных решений;
- искусственный интеллект и машинное обучение — предиктивная аналитика, повышение качества продукции;
- аддитивные технологии — 3D-печать деталей и компонентов;
- робототехника и автоматизированные системы управления (SCADA, MES) [3]

Цифровизация охватывает как производственные (core), так и управленческие (support) процессы, включая логистику, снабжение, техническое обслуживание, обучение персонала и сервисное сопровождение продукции.

На текущем этапе уровень цифровой зрелости российских машиностроительных предприятий существенно различается. По данным Минпромторга РФ [1], менее 20% предприятий полностью автоматизировали хотя бы один производственный участок, а около 50% используют устаревшие программные решения.

Наибольших успехов в цифровизации достигли крупные корпорации с государственным участием: ПАО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», АО «Сухой», АО «Туполев». Указанные компании реализуют корпоративные программы цифровизации, создают цифровые инжиниринговые центры и формируют собственную ИТ-инфраструктуру.

Малые и средние предприятия (МСП), особенно в регионах, испытывают значительные затруднения при цифровой трансформации. Основные причины — ограниченные финансовые ресурсы, кадровый дефицит, слабая мотивация к изменению устоявшихся процессов.

Региональный аспект цифровизации.

Цифровизация промышленности носит ярко выраженный региональный характер. В некоторых субъектах РФ сформированы благоприятные условия для цифровой трансформации:

- Калужская область — создание промышленных парков, развитие ГЧП, стимулирование технологических стартапов;
- Татарстан — КАМПУС КАМАЗа, Иннополис, активное взаимодействие власти, науки и бизнеса;
- Московская и Ленинградская области — концентрация инжиниринговых центров, НОЦ и вузов с ИТ-компетенциями.

Тем не менее, в большинстве регионов наблюдается дефицит инфраструктуры (интернет, центры компетенций, цифровые платформы), а также слабая интеграция научного и промышленного потенциала.

Барьеры цифровизации.

Основные ограничения на пути цифровой трансформации машиностроения можно разделить на несколько групп:

1) Технологические — устаревшее оборудование, низкая совместимость ИТ-решений, нехватка стандартизации;

2) Кадровые — дефицит специалистов в области ИТ, инженерии и проектирования;

3) Финансовые — высокая стоимость внедрения, длительный срок окупаемости;

4) Организационные — консерватизм управленцев, отсутствие цифровой стратегии, фрагментарный подход к изменениям;

5) Правовые — отсутствие единых регламентов и правовой базы в области обработки промышленных данных. [2]

Меры стимулирования цифровизации.

Для преодоления барьеров и создания условий для эффективной цифровой трансформации необходимо:

1. реализовать региональные программы цифровой трансформации машиностроения;

2. создать сеть региональных центров цифровых компетенций (на базе вузов, технопарков);

3. внедрить механизмы льготного финансирования ИТ-проектов для МСП;

4. развивать корпоративное обучение и цифровую культуру среди сотрудников предприятий;

Примером успешной цифровой трансформации может служить внедрение цифрового двойника турбореактивного двигателя в ПАО «ОДК», позволившее сократить цикл НИОКР на 30%. В Калужской области АО «КАДВИ» совместно с региональными вузами развивает проект цифровой диагностики двигателей на этапе испытаний. В Самарской области реализуется проект цифрового производства компонентов ракетной техники с использованием IoT и MES-систем. [4]

Цифровизация машиностроительной отрасли — неотъемлемая часть стратегии промышленного развития России. Она позволяет значительно повысить производительность, снизить затраты и повысить технологическую независимость. Однако для успешного внедрения цифровых решений необходимо учитывать специфику регионов, развивать инфраструктуру и человеческий капитал, а также обеспечить институциональную поддержку как со стороны государства, так и со стороны корпоративного сектора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство промышленности и торговли РФ. Доклад о цифровой трансформации промышленности (2023).
2. Дьяченко Н. А. Цифровизация производственных процессов: вызовы и перспективы // Экономика и управление. – 2022. – № 4. – С. 45–51.
3. Чернова А. И. Индустрия 4.0 в российском машиностроении: реалии и возможности // Машиностроение и инновации. – 2023. – № 2(18). – С. 67–73.
4. Гуров Е. П. Технологическое развитие регионов в условиях цифровой экономики // Вестник экономической интеграции. – 2021. – № 6. – С. 19–26.

УДК 004.4:658.5

Кимов А.М., Щербак А.В.

Научный руководитель: Щербак А.В., ст. преп.

Российский государственный университет

им. А.Н. Косыгина, г. Москва, Россия

ЕДИНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Единые автоматизированные системы (ЕАС) с каждым годом всё больше набирают популярность и становятся неотъемлемой частью цифровой трансформации бизнеса [1]. Если раньше основной аудиторией заинтересованных в подобных решениях были в первую очередь крупные корпорации и государственные учреждения, нуждающиеся в обработке и хранении колоссальных массивов данных, то сегодня ЕАС стремительно проникают и в сегмент малого и среднего бизнеса (МСБ). Это обусловлено рядом объективных факторов: ростом ожиданий со стороны клиентов, повышением конкуренции, необходимостью быстрой адаптации к изменениям внешней среды, а также общим трендом на цифровизацию всех бизнес-процессов.

Современные клиенты становятся всё более требовательными. Они хотят мгновенного отклика, персонализированного сервиса и прозрачности всех операций. Компании, неспособные быстро реагировать на запросы аудитории, рискуют оказаться вытесненными с рынка. Здесь на помощь и приходят ЕАС, предоставляя возможности для автоматизации, анализа и оптимизации внутренних и внешних

процессов [2]. Особенно остро эта необходимость ощущается в b2b-сегменте, где партнерские отношения требуют высокой степени надёжности, прозрачности и согласованности действий.

Дополнительным стимулом к внедрению автоматизированных решений становится активная политика государства по цифровому развитию МСП. Создаются платформы, предоставляющие льготный доступ к цифровым сервисам, разрабатываются меры поддержки, в том числе субсидирование части расходов на IT-инфраструктуру. Это создает предпосылки для того, чтобы даже небольшие компании начали осознанно инвестировать в цифровые инструменты, понимая их значение в долгосрочной перспективе [3].

Одним из наглядных примеров успешного внедрения ЕАС можно считать проект, реализованный в ПАО «Ураласбест» — крупнейшем производителе хризотил-асбеста в России. В рамках цифровой трансформации компания внедрила автоматизированную систему управления, охватывающую логистику, бухгалтерский и управленческий учёт. Система была разработана на платформе «1C:ERP» и позволила не только унифицировать и автоматизировать основные бизнес-процессы, но и достичь измеримых результатов в повышении эффективности [4].

Таблица – Результаты внедрения ЕАС в ПАО «Ураласбест»

Показатель	До внедрения ЕАС	После внедрения ЕАС	Изменение (%)
Срок получения управленческой отчетности	10 дней	9 дней	–10%
Срок получения регламентированной отчетности	20 дней	17 дней	–15%
Объём дебиторской задолженности	100%	88%	–12%

Как видно из таблицы, внедрение ЕАС позволило ПАО «Ураласбест» добиться существенного сокращения сроков подготовки отчетности и снижения дебиторской задолженности, что напрямую отражается на устойчивости и управляемости бизнеса. Этот кейс показывает, как цифровая платформа становится не просто инструментом автоматизации, а фактором стратегического развития предприятия, обеспечивая более высокую прозрачность, оперативность принятия решений и гибкость в управлении [4].

Однако внедрение ЕАС сопряжено и с определёнными трудностями. Одной из главных проблем является высокая нагрузка на техническую инфраструктуру. Требования к серверному оборудованию, сетевой архитектуре и вычислительным мощностям

могут быть довольно жёсткими, особенно если речь идёт о крупной распределённой системе [5]. Кроме того, клиентские устройства также должны соответствовать определённым характеристикам, чтобы обеспечить корректную и стабильную работу программного обеспечения.

Ещё одной проблемой может стать человеческий фактор — необходимость обучения персонала, изменение привычных рабочих сценариев и сопротивление изменениям со стороны сотрудников. Часто именно этот аспект становится самым уязвимым в процессе цифровой трансформации. Поэтому успешное внедрение ЕАС требует комплексного подхода, включающего в себя не только техническую реализацию, но и управленческую, а также образовательную составляющую. Компании, уделяющие внимание подготовке персонала, демонстрируют лучшие результаты внедрения: по данным некоторых исследований, показатели возврата инвестиций (ROI) в таких случаях выше на 20–30% [5].

В рамках практического проекта рассматривается разработка и внедрение ЕАС для компании из сегмента среднего бизнеса, уже обладающей рядом внутренних программных решений. Однако эти решения функционируют обособленно и не взаимодействуют друг с другом, что вызывает фрагментацию процессов, потери времени и снижение производительности. Разработка ЕАС позволит объединить существующие элементы в единую систему, закрыв текущие пробелы и существенно повысив прозрачность, управляемость и эффективность работы всей компании. Кроме того, это создаст прочную основу для дальнейшего масштабирования и адаптации бизнеса к меняющимся рыночным условиям [5].

Внедрение единой автоматизированной системы не только способствует оптимизации текущих процессов, но и становится важнейшим стратегическим шагом, открывающим компании новые горизонты развития. В условиях растущей цифровизации экономики, подобные решения постепенно превращаются из конкурентного преимущества в базовую необходимость, особенно для тех, кто стремится сохранить и укрепить свои позиции на рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Липатов А.Г., Турьянский Я.Б., Фурин В.О., Журавлёв А.Г., Черепанов В.А. Актуальные вопросы регламентации технического обслуживания и ремонта при внедрении высокопроизводительных дробилок производства ПАО «Уралмашзавод» / А.Г. Липатов, Я.Б.

Турьянский, В.О. Фурин, А.Г. Журавлёв, В.А. Черепанов // Горная промышленность. — 2020. — № 3. — С. 73–82.

2. Комплексная автоматизация производственных процессов компании ПАО «Ураласбест» в рамках комплекса интегрируемых решений «1С:Корпорация» / Синерго // Синерго: проекты. — 2024. — 12 февраля.

3. Национальный проект «Цифровая экономика». Поддержка МСП / Минэкономразвития России // Министерство экономического развития Российской Федерации. — 2023. — URL: <https://www.economy.gov.ru/> (дата обращения: 23.05.2025).

4. Козлов Ю.С. ПАО «Ураласбест» впереди — решение новых амбициозных задач / Ю.С. Козлов // ТСП Медиа. — 2023. — № 4. — С. 15–18.

5. Пашкин Г.Е., Брагин В.С. Технологии, меняющие мир: внедрение IT-решений на комбинате «Ураласбест» / Г.Е. Пашкин, В.С. Брагин // Газета «Ураласбест». — 2018. — № 6. — С. 3–5.

6. ПАО «Ураласбест» [Электронный ресурс]: официальный Telegram-канал компании. — Режим доступа: <https://t.me/uralasbest> (дата обращения: 23.05.2025).

УДК 65.011.56

Кириченко К.В., Мелехов К.Г.

Научный руководитель: Порхало В.А., канд. техн. наук, доц.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ НАГРЕВА ВОДЫ В ПАСТЕРИЗАТОРЕ МОЛОКА

В современной промышленности задачи нагрева различных жидкостей встречаются довольно часто, для этого используются различные средства, такие как котлы, теплообменники, электронагреватели. Каждая из систем имеет свои особенности и в процессе синтеза регулятора часто возникает потребность в математической модели и исследовании системы [1].

В рамках данного исследования рассматривается процесс математического описания функционирования системы, предназначенной для нагрева воды в процессе пастеризации молочной продукции (см. рис. 1). Конструктивно эта система включает ряд компонентов: теплообменный модуль, механизм редуктора, измерительный прибор, элемент, осуществляющий сравнение сигналов,

электронный усилитель, блок гибкой обратной связи, а также двигатель асинхронного типа с двухфазной системой питания.

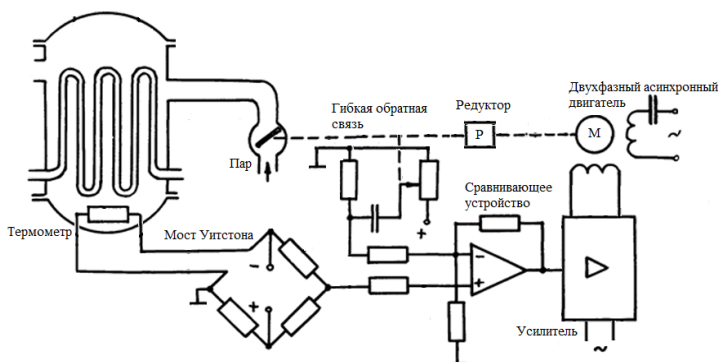


Рис. 1 Схема теплообменника

Центральным объектом рассмотрения в данной установке является теплообменник, где посредством подачи водяного пара происходит передача тепловой энергии воде. Температурные изменения в этом блоке фиксируются с помощью датчика термосопротивления, подключённого к мостовой схеме Уитстона. Полученный сигнал, преобразованный в электрическое напряжение, подаётся на один из входов устройства, осуществляющего сравнение поступающих значений [3].

Параллельно с этим, модуль обратной связи, отслеживающий текущий угол поворота редуктора, генерирует собственный сигнал. Он также представлен в виде напряжения и направляется на альтернативный вход блока сравнения. Указанный блок формирует разностное значение, определяя расхождение между двумя входными воздействиями. При наличии отклонения, сформированный сигнал усиливается при помощи соответствующего электронного устройства и далее подаётся на двухфазный асинхронный электродвигатель [4].

В результате работы двигателя происходит вращение редуктора, что влечёт за собой изменение положения клапана, регулирующего поступление пара в теплообменную систему. Таким образом, осуществляется корректировка температуры воды, поступающей в рабочую зону установки.

Для корректного математического моделирования всей системы требуется получить два вида описания: передаточную функцию, отражающую взаимосвязь между входными и выходными параметрами, а также структурную схему, позволяющую визуализировать

взаимодействие компонентов. При построении структурной модели необходимо провести раздельный анализ каждого элемента, определив его индивидуальную передаточную функцию на основе соответствующих уравнений состояния [2].

Измерительное устройство:

$$(T_u s + 1)U(t) = K_{u1}G(t) - K_{u2}Q(t), \quad (1)$$

где G — задающий сигнал, T_u — постоянная времени измерительного устройства, Q — температура объекта измерения, U — напряжение на выходе устройства, K_{u1} — коэффициент передачи устройства по задающему воздействию, K_{u2} — коэффициент передачи устройства по измеряемой величине.

Передаточная функция:

$$W_u(s) = \frac{K_{u2}}{T_u s + 1}, \quad (2)$$

Электронный усилитель:

$$U_1(t) = K_y U_2(t), \quad (3)$$

где U_1 — напряжение на выходе, U_2 — напряжение на входе, K_y — коэффициент усиления.

Передаточная функция электронного усилителя:

$$W_y(s) = K_y, \quad (4)$$

Сравнивающее суммирующее устройство:

$$U_{вых}(t) = U_1(t) + \Delta U_2(t), \quad (5)$$

где U_1 , U_2 — напряжения на входах, $U_{вых}$ — напряжение на выходе.

Передаточная функция сравнивающего суммирующего устройства:

$$W_{cy}(s) = K_{cy}, \quad (6)$$

Двухфазный асинхронный двигатель:

$$(T_{эм} s + 1) s \varphi(t) = K_\partial U_y(t), \quad (7)$$

где φ — угол поворота вала двигателя, U_y — действующее напряжение

в обмотке управления, K_δ — коэффициент передачи асинхронного двигателя, $T_{эм}$ — электромеханическая постоянная времени.

Передаточная функция асинхронного двигателя:

$$W_{ad}(s) = \frac{K_\delta}{s(T_{эм}s + 1)}, \quad (8)$$

Редуктор:

$$\varphi_1(t) = K_p \varphi_2(t), \quad (9)$$

где φ_1 — угол поворота выходного вала, φ_2 — угол поворота входного вала, K_p — коэффициент передачи редуктора.

Передаточная функция редуктора:

$$W_p(s) = K_p, \quad (10)$$

Теплообменник:

$$(T_{m1}s + 1)(T_{m2}s + 1)Q(t) = K_{m1}\varphi(t) + K_{m1}K_{m2}F(t), \quad (11)$$

где Q — температура в теплообменнике, φ — угол поворота регулирующего органа, K_{m1} , K_{m2} — коэффициент передачи теплообменника, T_{m1} , T_{m2} — постоянная времени теплообменника, F — возмущающее воздействие.

Передаточные функции теплообменника:

$$W_\varphi(s) = \frac{K_{m1}}{T_{m1}T_{m2}s^2 + (T_{m1} + T_{m2})s + 1}, \quad (12)$$

$$W_F(s) = \frac{K_{m1}K_{m2}}{T_{m1}T_{m2}s^2 + (T_{m1} + T_{m2})s + 1}, \quad (13)$$

Элемент гибкой обратной связи:

$$(T_{oc}s + 1)sU(t) = K_a T_{oc}s\varphi(t), \quad (14)$$

где φ — угол поворота двигателя потенциометра, U — напряжение на выходе элемента, T_{oc} — постоянная времени элемента, K_a — коэффициент передачи потенциометра.

Передаточная функция элемента гибкой обратной связи:

$$W_{oc}(s) = \frac{K_a T_{oc} s}{T_{oc} s + 1}, \quad (15)$$

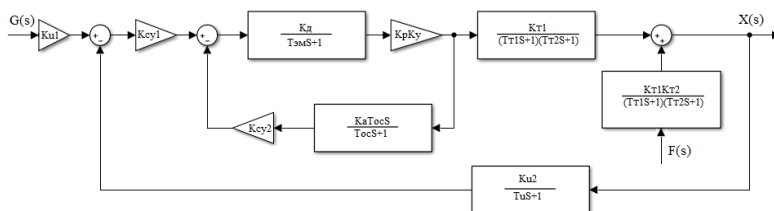


Рис. 2 Структурная схема

Разработанная структурная схема (Рис. 2) может быть промоделирована в среде MatLab.

Теплообменник, как объект управления, является источником исходных данных (Табл.), необходимых для расчета передаточной функции системы автоматического управления.

Таблица — Исходные данные теплообменника

Параметры	Значения
K_{u1} , В/рад	11
K_{u2} , В/рад	3
K_{cy1}	1
K_{cy2}	1
K_y	12,5
K_∂ , рад/В · с	1,09
K_p	0,027
K_a , В/рад	8,8
T_{oc} , с	3,51
K_{m1} , град/рад	159
K_{m2} , град/рад	1
T_{m1} , с	85
T_{m2} , с	1
f_n , град	33

При подстановке численных значений и группировке элементов структурной схемы получим общий вид передаточной функции:

$$W(s) = \frac{1683,2s + 507,68}{293,77s^4 + 1007,3s^3 + 751,59s^2 + 2022,2s + 577,18}, \quad (16)$$

Промоделировав передаточную функцию заметно, что

переходный процесс является колебательным, а время выхода системы на заданный уровень температуры составляет 30 секунд. С помощью полученной модели можно сократить время переходного процесса добавив в систему ПИД регулятор и подобрав для него оптимальные коэффициенты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Силантьева Л. А. Санитарная обработка технологического оборудования на предприятиях молочной отрасли, Санкт-Петербург, 2017–87 с.
2. Ким Д. П. Теория Автоматического Управления. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – с. 90-92.
3. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 253с.
4. Рубанов В.Г., Бушуев Д.А., Бажанов А.Г., Ващенко Р.А. Проектирование робототехнических систем и комплексов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 190 с.

УДК 681.518.5

Кобзева Н.Р., Скуридина Д.И., Гольцова М.Ю.
Научный руководитель: Гольцов Ю.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Эпидемиологические мероприятия, такие как контроль за соблюдением масочного режима, играют ключевую роль в предотвращении распространения инфекционных заболеваний. Однако традиционные методы контроля требуют значительных человеческих ресурсов и подвержены субъективной оценке. В связи с этим актуальной становится разработка и внедрение автоматизированных систем контроля за соблюдением масочного режима, способных обеспечить высокую скорость и точность мониторинга.

На данный момент, самым удачным решением является разработка мобильной системы технического зрения по средствам использования нейронных сетей для контроля за соблюдением масочного режима, способную автоматически определять наличие и

правильность ношения защитных масок на лицах людей на изображениях, поступающих с подвижных камер, способную оперативно выявлять нарушения и сигнализировать о них соответствующим службам.

Применение сверточных нейронных сетей в настоящее время является наиболее актуальным методом для распознавания лиц.

Текущая эпидемиологическая обстановка ставит перед обществом новые задачи, требующие оперативных и эффективных мер по контролю за распространением инфекционных заболеваний, но ручной мониторинг в общественных местах требует значительных ресурсов и не всегда эффективен.

В связи с этим актуальной становится разработка и внедрение автоматизированных систем контроля за соблюдением масочного режима, способных обеспечить высокую скорость и точность мониторинга.

Для реализации системы необходимо:

- обеспечить стабильный захват и предварительную обработку видеопотока;
- использовать высокоточный и быстрый алгоритм распознавания лиц;
- создать и обучить нейронную сеть, способную с высокой точностью определять состояние маски на лице;
- разработать алгоритмы управления PTZ-камерой и мобильной платформой для автоматического отслеживания и приближения к объектам, требующим контроля масочного режима;
- выполнить интеграцию с системой контроля и формирование уведомлений о выявленных нарушениях.

В устройстве используется PTZ-камера с разрешением Full HD с частотой 60 кадров в секунду, 20-кратным оптическим масштабированием. Благодаря функции переворачивания изображения, камера может использоваться в любом положении.

Подвижная платформа имеет две полые стойки, между которыми закреплена камера, в полости одной из стоек скрыт приводной механизм, им изменяется угол наклона. Используется рельсовое видеонаблюдение, которое позволяет стабилизировать камеру и минимизировать движение фона, что значительно упрощает обработку изображений и улучшает точность распознавания.

Система основана на использовании сверточных нейронных сетей (CNN), которые зарекомендовали себя как эффективный инструмент для задач компьютерного зрения (рис.1). Работа нейронной сети определяется значениями весов — специальных чисел, задающих

важность связей между искусственными «нейронами». Скрытые слои находятся между входным и выходным слоями. Для повышения точности распознавания нейронная сеть калибрует свои веса поэтапно, используя метод обратного распространения ошибки. Разница между выходами и ожидаемыми значениями – это ошибка.

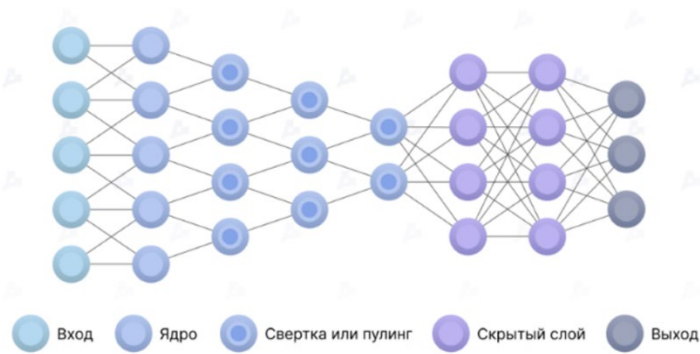


Рис. 1. Структура сверточной нейронной сети (CNN)

Этот слой позволяет рассматривать вычисленные признаки на более крупном масштабе при помощи сокращения размерности карт признаков одним из представленных способов.

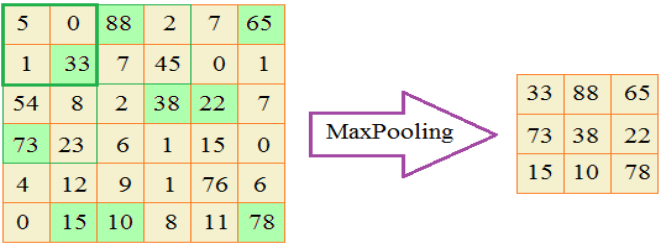


Рис. 2. Операция MaxPooling

Для увеличения разнообразия тренировочных данных и повышения точности модели были использованы расширенные наборы данных (DataSet). Эти расширения включают в себя изображения с боковой проекцией, что даёт возможность более точно определять расположение маски на лице человека. Модель была обучена на трёх классах: "Маска надета верно", "Маска надета неверно" и "Маска отсутствует".

Таким образом, реализованная программа успешно демонстрирует возможность автоматического обнаружения лиц в видеопотоке в режиме реального времени и точной классификации лиц по трём категориям: «с маской», «без маски» и «маска надета неправильно». Эффективное использование свёрточной нейронной сети (CNN) для решения задачи классификации изображений лиц в сочетании с применением MediaPipe для быстрой и надёжной детекции лиц позволило создать интеллектуальную систему видеонаблюдения, способную контролировать соблюдение масочного режима. Перспективным направлением развития будет разработка системы, включающей функции управления PTZ-камерой и мобильной платформой, создание системы оповещения ответственных лиц о выявленных нарушениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.
2. Франсуа Ш. Глубокое обучение на Python: учебное пособие / Издательство «Питер» Санкт-Петербург 2018. – 400 с.
3. Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. Элементы систем автоматического управления и контроля: учебное пособие / Издательство «Вища школа», 1991. – 461 с.
4. Keras [Электронный ресурс] URL: <https://keras.io> (дата обращения: 11.03.2025).
5. Преобразователь OpenCV [Электронный ресурс] URL: <https://opencv.org> (дата обращения: 12.03.2025).
6. Keras Tutorial: Руководство для начинающих по глубокому обучению на Python [Электронный ресурс]. URL: <https://python.ivan-shamaev.ru/keras-tutorial-beginner-guide-to-deep-learning-in-python/> (дата обращения: 12.03.2025).
7. Zhusubaliyev Zh.T., Sopuev U.A., Abdirasulov A.Z., Kolomiets E.A., Gol'tsov Yu.A., Tsykanov D. Yu. Border collisions and merging phenomena in the unipolar pulse-width modulated control system // International Scientific Conference on Mechanics, "10th Polyakhov's Reading", September 23 – 27, 2024, St. Petersburg State University. P. 606 – 609.
8. Zhusubaliyev Zh.T., Sopuev U.A., Abdirasulov A.Z., Kolomiets E.A., Gol'tsov Yu.A., Tsykanov D. Yu. Border collisions and merging phenomena in the unipolar pulse-width modulated control system //

УДК 004.855.5

Ковтун Я.Д.

Научный руководитель: Прозорова Г.В., доц.

Тюменский Индустриальный университет

г. Тюмень, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Геофизические исследования скважин (ГИС) позволяют получить большой объем данных о структуре, составе и свойствах горных пород. Обработка и интерпретация данных ГИС происходит с использованием специальных программ (Techlog, GeoOffice Solver, «Прайм» и др.) [1-3]. Окончательный анализ данных ГИС в настоящее время происходит в полуавтоматическом режиме и представляет собой сложную задачу из-за большого объема информации, высокой изменчивости параметров и наличия различных шумов в измерениях. Классические методы интерпретации ГИС основаны на использовании экспертных систем, эмпирических зависимостей и полуавтоматизированных алгоритмов, что делает процесс трудоемким и зависимым от человеческого фактора. Однако даже комплексный анализ каротажных данных не всегда позволяет достичь высокой точности при определении литологии, насыщенности пластов и других ключевых характеристик пород.

В настоящее время активно развивается применение методов машинного обучения (ML) в анализе данных ГИС. Методы машинного обучения используются для автоматизации и повышения точности анализа. Использование алгоритмов классификации, регрессии и кластеризации позволяет выявлять скрытые закономерности, прогнозировать свойства пластов и оптимизировать процесс интерпретации данных.

Несмотря на прогресс в области автоматизации, обработка каротажных данных и интерпретация результатов сопровождается высокой степенью неопределенности. Это связано с многофакторной природой геофизических процессов, вариативностью параметров различных пластов и наличием шумов в измерениях.

Как показывают исследования, схожие по составу и генезису

осадочные породы могут давать похожие результаты геофизических исследований, но имеют особенности для каждого геологического объекта (Rider, 1990; Cant, 1992; Chow, 2010) [4]. Это усложняет создание универсальных моделей интерпретации, применимых к различным месторождениям. Методы машинного обучения, в частности нейросети, деревья решений и ансамблевые алгоритмы, позволяют выявлять скрытые зависимости в данных и адаптироваться к различным геологическим условиям, однако требуют больших объемов размеченных данных для обучения.

Методы ГИС делятся по физической природе используемого сигнала. Существует более 50 методов, каждый применяется в зависимости от задач и условий, основные методы представлены в табл [5-8].

Таблица – Методы ГИС

Наименование методов ГИС	Тип метода	Назначение
КС	Электрический	Оценка насыщенности пор, определение проницаемости
БК / БКЗ	Электрический	Точно определяют границы пластов
ПС	Электрический	Определение границ пластов и водоразделов, оценка электропроводности
ИК / ЭМК	Электромагнитный	Выявление трещиноватости и неоднородностей в породах
ДК	Электромагнитный	Различает нефть, газ и воду
ЕЭП	Электромагнитный	Исследование глубоких горизонтов, определение природных токов в породах
ГК / СГК	Радиоактивный	Определение литологического состава пород по естественной радиоактивности
ГГК / НК / ННК / НГК	Радиоактивный	Пористость, плотность, флюидонасыщенность
КЗВ / УК	Акустический	Определение плотности, пористости и структуры пород с высокой точностью
АКП / РАК	Акустический	Трещины, проницаемость, структура
Магнитный каротаж	Магнитный	Выявление магнитных аномалий
Термометрия / ТК	Термический	Геотермальный градиент, состав флюидов

ГИС позволяет получать информацию о литологических и

петрофизических характеристиках горных пород, используемую для прогнозирования наличия полезных ископаемых, их состава, свойств, объема запасов, построения моделей геологических объектов, проектирования разработки месторождений [9-11].

Несмотря на высокую точность современных методов, обработка и интерпретация данных ГИС связаны с рядом сложностей, которые могут снижать точность и достоверность результатов. Эти проблемы связаны как с техническими аспектами проведения измерений, так и с особенностями математической обработки информации.

Проблема шумов и погрешностей в ГИС возникает при обработке результатов. Они могут существенно искажать измеряемые параметры, приводя к неверным выводам о строении пласта, насыщенности пор и физических свойств пород.

Проблема большого количества параметров свойств пород, получаемых методами ГИС. Это увеличивает размерность данных и затрудняет их интерпретацию из-за множества взаимосвязей между параметрами.

Методы машинного обучения активно используются в обработке и интерпретации ГИС-данных. Компания Schlumberger использовала CNN для обработки данных акустического каротажа, что позволило увеличить точность определения параметров пород на 15% по сравнению с традиционными методами фильтрации [12].

Специалисты компании Halliburton применили автокодировщики (Autoencoders) для восстановления недостающих или искаженных данных гамма-каротажа. Нейронные сети были обучены на исторических данных и научились предсказывать правильные значения гамма-активности на основе других параметров каротажа. В результате точность интерпретации геологических разрезов увеличилась на 12% [13].

Применение рекуррентных нейронных сетей LSTM (Long Short-Term Memory) позволило выделить полезный сигнал из зашумленных данных, проанализировав временные зависимости в электромагнитных измерениях. В частности, исследование, проведенное Baker Hughes, показало, что использование LSTM-сетей увеличило точность интерпретации пластов на 18% [14].

Исследователи из Saudi Aramco использовали генеративно-сопоставительные сети (GAN) для реконструкции температурных профилей скважин. Обученная нейросеть смогла восстанавливать истинные значения температуры, анализируя зависимость параметров в соседних скважинах. В результате уменьшились ошибки в определении зон притока жидкости, что позволило повысить эффективность

разработки месторождений [15].

Методы кластеризации (например, DBSCAN, k-means) позволяют автоматически выявлять аномалии в больших массивах данных. Например, исследователи из Petrobras использовали алгоритм DBSCAN для фильтрации шумов в данных нейтронного каротажа, что позволило снизить погрешность при интерпретации зон насыщенности нефтью на 10% [16].

Трудности в применении машинного обучения в интерпретации ГИС-данных обусловлены требованиями значительных вычислительных ресурсов и высококачественных данных для обучения моделей. Это связано с необходимостью обработки больших объемов данных, настройки алгоритмов и устранения шума. Кроме того, сложность заключается в интерпретации результатов, так как нейросети могут быть восприимчивы к неопределенности и зависимостям, что требует высокого уровня экспертизы для корректного применения [17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schlumberger / [Электронный ресурс] // Software: [сайт]. — URL: <https://digital.slb.ru> (дата обращения: 06.04.2025).
2. Solver / [Электронный ресурс] // Программное обеспечение GeoOffice Solver: [сайт]. — URL: <https://geoofficesolver2022.turbo.site/> (дата обращения: 06.04.2025).
3. ГеоТэк / [Электронный ресурс] // Система Прайм: [сайт]. — URL: <https://www.primegeo.ru> (дата обращения: 06.04.2025).
4. Чигаров Д. Я. Прогнозирование фациальных комплексов на основе интерпретации данных ГИС для оценки качества коллектора (на примере Киев-Еганского нефтяного месторождения): специальность 21.04.01 «Нефтегазовое дело»: Магистерская / Чигаров Д. Я.; Томский политехнический университет. — Томск, 2021. — 124 с.
5. Геофизические исследования скважин / [Электронный ресурс] // НЕФТЕГАЗ 2025: [сайт]. — URL: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru> (дата обращения: 06.04.2025).
6. Лекция 5 Глава 7 Геофизические исследования скважин (ГИС). Казанский (Приволжский) университет. — URL: <https://kpfu.ru> (дата обращения: 06.04.2025).
7. Косков В.Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. пособие / В.Н. Косков; Перм. гос. техн. ун-т. — Пермь, 2004. — 122 с.
8. Шилов Г.Я. Основные проблемы и возможности оценки фаций карбонатных пород по данным геофизических исследований скважин [Текст] / Шилов Г.Я. // РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. — 2010.

— № 4. — С. 7-16.

9. Геофизические методы исследования нефтяных и газовых скважин. / Л.И. Померанц, М.Т. Бондаренко, Ю.А. Гулин, В.Ф. — М.: Недра, 1981. — 376 с.

10. Итенберг С.С. Геофизические исследования в скважинах: Учеб. для вузов / С.С. Итенберг, Т.Д. Дахкильгов. — М.: Недра, 1982. — 351 с.

11. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газовых пластов. М.: Недра, 1976. — 295 с.

12. Sciencedirect / [Электронный ресурс] // Geoenergy Science and Engineering: [сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 06.04.2025).

13. Sciencedirect / [Электронный ресурс] // Expert Systems with Applications: [сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 06.04.2025).

14. Sciencedirect / [Электронный ресурс] // Journal of Applied Geophysics: [сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 06.04.2025).

15. Aramco / [Электронный ресурс] // The Aramco Journal of Technology [сайт]. — URL: <https://www.aramco.com> (дата обращения: 06.04.2025).

16. Springer nature link / [Электронный ресурс] // Pure and Applied Geophysics: [сайт]. — URL: <https://link.springer.com> (дата обращения: 06.04.2025).

17. Шарифуллин, А. М., Антонов, А. П., Большакова, М. А. Применение методов машинного обучения в обработке данных геофизических исследований скважин отложений викуловской свиты [Текст] / А. М. Шарифуллин, А. П. Антонов, М. А. Большакова // Георесурсы. — 2022. — № 24. — С. 230-238.

Козловский А.М.¹, Лобанова О.С.²

Научный руководитель: Радченко Д.Н.¹, канд. техн. наук., доц.

1 – Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.

Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

*2 - Российская академия народного хозяйства и государственной службы при
Президенте РФ г. Москва, Россия*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРУШЕНИЙ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЛАКОВ ТОЧЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Подземные рудники являются сложными инженерными сооружениями, структура и условия эксплуатации которых зависят от множества факторов, среди которых геологическое строение района, морфология рудных залежей и условия их залегания, гидрогеологические условия и многие другие [1]. Понимание этих аспектов позволяет оптимизировать проектирование и эксплуатацию подземных рудников, минимизировать риски и обеспечить заданную производительность.

Одним из важнейших аспектов геомеханического обеспечения безопасной добычи полезных ископаемых является учет природных и техногенных факторов, непосредственно влияющих на устойчивость подземных выработок различного назначения [2].

Например, природная тектоническая активность местности, природное поле напряжений, определяют выбор направления заложения горно-капитальных выработок, тип и параметры крепления, условия ведения подготовительно-нарезных и очистных работ. Кроме того, наличие тектонических нарушений увеличивает риск выбросов газа, воды и подвижек пластов, тем самым, увеличивая вероятность аварийных ситуаций. Выявление и учет малоамплитудных нарушений, таких, как мелкие разломы, которые приводят к повышенной опасности обвалов и усложнению технологии добычи, позволяет снизить риск эксплуатации опасных производственных объектов.

В ходе техногенного преобразования недр, например, ведении буровзрывных работ, процесс разрушения горных масс вызывает множество структурных дефектов и нарушений целостности массива. Это выражается в образовании трещин, сдвигов и обрушении сводов камер. Когда возникает высокая концентрация напряжений, образуются значительные повреждения, влияющие на качество и скорость очистной

выемки, вплоть до полной остановки работ и проведения комплекса специальных мероприятий.

Наиболее вероятный сценарий развития горной промышленности связан с внедрением систем искусственного интеллекта на основе нейронных сетей, способных учесть весь комплекс природных факторов, параметров процессов подземных горных работ, в динамике прогнозируя и обеспечивая возможность внесения корректировок в технологические процессы на различных участках подземного рудника.

Для развития таких систем необходима поэтапная апробация и наработка опыта использования различных систем мониторинга – лидары, видеокамеры, приборы ИК-диапазона, акустического контроля и т.п., комплексирование которых в будущем обеспечит саму возможность сбора, обработки, хранения и адекватного использования больших данных предприятия [3,4].

Облака точек, например, наглядно демонстрируют процесс изменения геометрии подземной выработки в результате буровзрывных работ и обрушений. Это позволяет геологам и инженерам анализировать состояние выработки, прогнозировать возможные риски и принимать меры по укреплению и безопасности. Вместе с тем, современные методы лазерного сканирования очистных пространств являются недостаточно информативными, ввиду ограниченности их применения в условиях запыленности и загазованности воздуха [5].

Наименее изучена технология мониторинга очистного пространства подземных камер в динамике выпуска. Это подтверждено на примере исследования параметров выпуска рудной массы из подземной камеры, где производилась лазерная съемка по мере выпуска со сбором облаков точек. Обработка облака точек осуществлена в программе CloudCompare, На Рис. 1 представлены данные, полученные с помощью лазерного сканирования, которые демонстрируют различные этапы очистных работ одной камеры, что крайне важно при дальнейшем анализе.

Каждый этап характеризуется следующим состоянием очистного пространства.

На Рис. 1-а видно исходное состояние камеры, заполненной отбитой рудной массой, где еще не проводились очистные работы. Стены и кровля имеют относительно ровную поверхность, без значительных повреждений или деформаций.

По мере ведения очистных работ и частичного извлечения отбитой рудной массы из камеры (Рис.1б) в очистном пространстве появляются характерные разрушения. Стены и кровля становятся более неровными, появляются трещины и вывалы, что свидетельствует о воздействии

взрывы на прилегающие горные породы, а также отслоениям по плоскостям трещиноватости. Это приводит к изменению геометрии выработки и требует принятия дополнительных мер безопасности при ведении очистных работ.

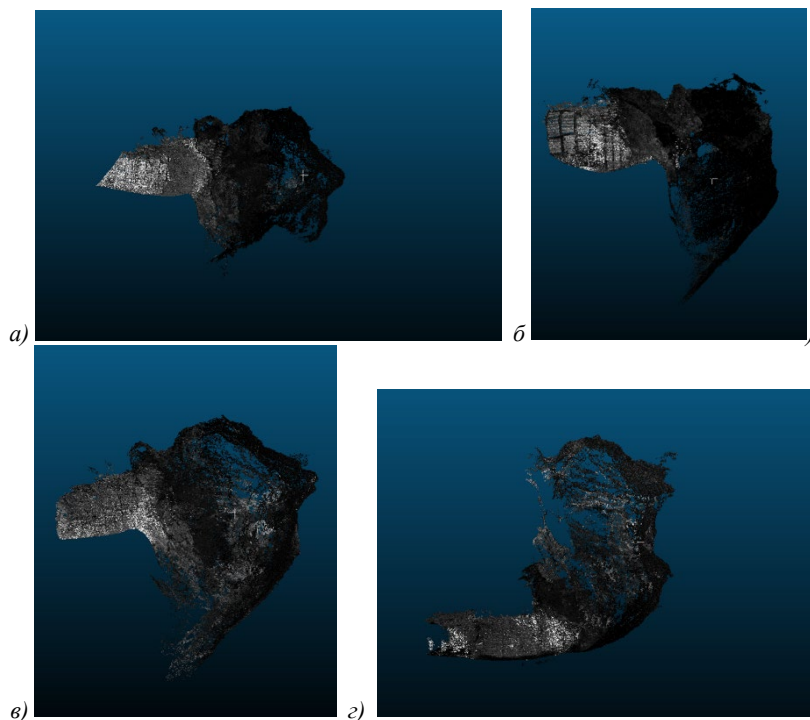


Рис. 1 Последовательность анализа облаков точек, полученных в ходе сканирования очистного пространства по мере выпуска рудной массы: а – до начала очистных работ; б – выпуск ~20% отбитой рудной массы; в – выпуск ~50%; г – полностью отгруженная камера

В динамике выпуска рудной массы формируются дополнительные обрушения. Видно (Рис.1в), что после извлечения из камеры около 50% рудной массы произошло частичное обрушение породы в верхней части камеры. Обрушение кровли может быть вызвано как разупрочнением пород в результате взрыва, так и особенностями геомеханического состояния горного массива в конкретных горно-геологических условиях. В результате обрушения образуются новые неровности и пустоты.

После этого, состояние очистного пространства оказалось наиболее стабильным, дополнительных вывалов, заколов и отслоений не произошло.

На Рис. 1г представлена полностью отгруженная камера. Здесь также видны все последствия обрушений и буровзрывных работ.

На основании анализа результатов лазерного сканирования и обработки облаков точек, перспективным является развитие систем искусственного интеллекта (ИИ) для учета многих факторов, определяющих безопасность ведения горных работ и способного компенсировать результаты нескольких методов цифрового мониторинга для прогнозирования потенциальных рисков в ходе ведения очистных работ.

Наиболее перспективными представляются следующие направления:

Анализ трещин и деформаций: ИИ может быть обучен на больших объемах данных для выявления трещин, деформаций и других аномалий в структуре горных пород. Это поможет предсказать возможные обрушения или нестабильность выработки.

Прогнозирование обрушений: Используя исторические данные о предыдущих обрушениях и их характеристиках, ИИ может на базе самообучающихся алгоритмах предсказывать, где и когда могут произойти новые обрушения. Это позволит заранее принять меры по оптимизации параметров технологии ведения буровзрывных и очистных работ.

Оценка устойчивости выработки: на базе необходимого набора данных ИИ может анализировать геометрию выработки и состояние горных пород для оценки их устойчивости. Это поможет определить, какие участки требуют дополнительного заблаговременного крепления или мониторинга.

Оптимизация буровзрывных работ: ИИ наиболее перспективно использовать при оптимизации параметров буровзрывных работ, таких как расположение скважин, количество используемых взрывчатых материалов и последовательность взрывания веером скважин, чтобы минимизировать повреждения прилегающего массива и повысить эффективность работ.

Мониторинг и предупреждение аварий: непрерывно анализировать данные с датчиков и облаков точек для раннего обнаружения потенциальных аварийных ситуаций, таких как обрушения или затопления.

Например, необходимо развивать технологии искусственного интеллекта на основе нейронных сетей для анализа облаков точек и

выявления закономерностей, которые указывают на потенциальные аварийные ситуации. Нейронную сеть целесообразно обучать на данных, полученных в ходе строительства и/или отработки предыдущих выработок и камер, чтобы обеспечить широкие возможности развития прогнозной аналитики. Например, прогноза наиболее вероятного возникновения трещин, заколов, вывалов и обрушений из кровли и стенок выработок.

Применение нейросети для анализа изображений, представленных на рис. 1 позволило получить следующие выводы и результаты:

- зафиксировано изменение геометрии выработки. Сравнение облаков точек до и после начала очистных работ (а и б) показывает значительное изменение геометрии выработки. Появление трещин и выемок указывает на ослабление горных пород, что может привести к обрушению;
- установлено появление трещин и деформаций. На облаках точек после начала очистных работ (б,в) видны трещины и деформации, которые могут быть индикаторами нестабильности горных пород. Эти признаки могут быть использованы для прогнозирования возможных обрушений;
- выявлен факт частичного обрушения. Облако точек после частичного обрушения (в) демонстрирует, что часть породы уже обрушилась. Это может быть сигналом к тому, что оставшиеся участки также могут быть нестабильными и требуют принятия дополнительных мер безопасности;
- выявлен факт дополнительного обрушения по мере выпуска: Облако точек после дополнительного обрушения (в) показывает, что процесс обрушения продолжается. Это указывает на необходимость приостановки работ по откатке рудной массы до стабилизации ситуации;
- выполнен анализ очистного пространства камеры с полностью отгруженной рудной массой. Облака точек полностью отгруженной камеры (г) показывают, что все возможные обрушения уже произошли. Это финальный этап, когда выработка стабилизируется, но также может потребовать принятия дополнительных мер безопасности на время консервации выработок, или установки перемычек с последующей закладкой выработанного пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комплексное освоение недр: Перспективы расширения минерально-сырьевой базы России / А. А. Липин, Б. Н. Смоляницкий, А. К. Петреев [и др.]. – Москва: Институт проблем комплексного

освоения недр РАН, 2009. – 456 с. – ISBN 5-201-15610-X. – EDN TZQXUB.

2. Новые технологические решения разработки кимберлитовых месторождений Якутии: монография / Булатов К.В. и др. – Екатеринбург: АО «Уралмеханобр», 2022. – 544 с.

3. Захаров, В. Н. Ценность и взаимосвязь цифровых данных горнотехнических систем в единой системе государственного управления недропользованием / В. Н. Захаров, Д. Н. Радченко, Д. А. Клебанов // Горный журнал. – 2024. – № 11. – С. 63-69. – DOI 10.17580/gzh.2024.11.10. – EDN NSSNFU.

4. Методические подходы к стандартизации сбора, хранения и анализа данных при управлении горнотехническими системами / В. Н. Захаров, Д. Р. Каплунов, Д. А. Клебанов, Д. Н. Радченко // Горный журнал. – 2022. – № 12. – С. 55-61. – DOI 10.17580/gzh.2022.12.10. – EDN QOBIDN.

5. Радченко, Д. Н. Особенности проектирования горнотехнических систем с автономным и дистанционно управляемым оборудованием в связи с добычей твердых полезных ископаемых подземным способом в условиях экстремальных сред / Д. Н. Радченко, В. С. Федотенко, А. П. Аверин // Экстремальная робототехника. – 2024. – № 1(35). – С. 479-483. – EDN KXNXRK.

УДК 681.5:621.039

Колесов С.Н., Лупандин А.В., Недвига А.Г.
Научный руководитель: Матюхин П.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДОЗИМЕТРИЯ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В современном мире практически все производства используют различные виды автоматизированных систем управления (АСУ). Ядерная промышленность не исключение, а, скорее наоборот, наиболее нуждается в специальных АСУ для мониторинга радиационной обстановки, обеспечения безопасности персонала, быстрого реагирования со своевременным оповещением населения в случае аварий.

Также в будущем, к примеру при возникновении чрезвычайных ситуаций радиационного характера, возможно применение беспилотных аппаратов, которые теоретически могут быть

использованы при ликвидации различных аварий или радиационного мониторинга обстановки, пока оператор находится в безопасном месте, которое может находиться как отдалённо, так и в непосредственной близости от зоны чрезвычайной ситуации, но выполненной или отделанной определёнными радиационно-защитными материалами [1-20].

К примеру, автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) используется для мониторинга радиационной обстановки вокруг атомной электростанции (АЭС) во всех режимах её работы, включая различные виды аварий. Помимо мониторинга в аварийных ситуациях система способна моделировать распространение радионуклидных выбросов с учетом метеорологических явлений на основе различных моделей [21].

Система разделена на несколько блоков. Данные между постами контроля (далее ПК) могут передаваться по различным каналам связи: TETRA, УКВ, GSM, RS-485 и стандарта Ethernet. Центральные ПК, включая резервный, представляют собой автоматизированное рабочее место на основе УМКПИ-01Д, которые помогают организовать работу персонала (печать отчетов, запуск сигнализации, отображения карт распространения и т.д.) на основе данных, полученных от других ПК. ПК, расположенные в различных зонах (до 3 км, 3-30 км и более 30 км от АЭС) служат для сбора информации с помощью различных приборов, находящихся на данном посту, например: дозиметр гамма-излучения ДБГ-С13Д, радиометрическая установка УДГП-01, метеостанции, расходомер-пробоотборник БРИЗ и так далее [21].

Помимо стационарных ПК, АСКРО может включать в себя быстроразворачиваемые установки, например: УДИ-2, используемая для контроля радионуклида ^{131}I в воздухе в различных зонах, БР АСКРО «ПИНГВИН» (быстроразворачиваемая система контроля радиационной обстановки), используемая в местах возникновения аварийных ситуаций для организации непрерывного мониторинга.

Также АСКРО способна обеспечивать информацией о радиационной обстановке лиц, ответственных за принятие решений при радиационных авариях на АЭС для защиты населения.

АСУ работает совместно с современными детекторами ионизирующих излучений, позволяющих упростить контроль за параметрами ионизирующих излучений в различных зонах. Например, одним из таких является дозиметр-радиометр МКС-17Д «Зяблик» (рис. 1) [22].



Рис. 1. Дозиметр-радиометр МКС-17Д «Зяблик»

Данный дозиметр имеет возможность беспроводной работы с компьютером и блоками детектирования, с помощью использования радиоканала, а также способен проводить радиационное исследование местности с привязкой к географическим координатам на базе ГЛОНАСС или GPS. Дальнейшее развитие детекторов подобного типа может привести к тому, что измерения можно будет проводить находясь на значительном удалении от места измерения, что позволяет полностью обезопасить оператора от контакта с ионизирующими излучениями, что будет актуально в чрезвычайных ситуациях радиационного характера.

Таким образом, автоматизированные системы радиационного контроля – ключевой элемент безопасности как в ядерной энергетике, так и на различных производствах, использующих ядерно-энергетические установки. Они позволяют оперативно выявлять отклонения, предотвращать аварии и минимизировать риски для персонала и населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ястребинский, Р. Н., Матюхин, П. В., Ястребинская, А. В., Карнаухов, А. А. Модифицированные железоксидные наполнители для конструкционной радиационной защиты атомных реакторов [Текст] / Р. Н. Ястребинский, П. В. Матюхин, А. В. Ястребинская, А. А. Карнаухов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2016. — № 10. — С. 209-213.
2. Matyukhin P.V. Modification of the hematite filling surface of new composition material during high pressure testing [Текст] / Matyukhin P.V. // Solid State Phenomena. — 2018. — Т. 284. — С. 109-114.

3. Матюхин, П. В., Ястребинская, А. В., Павленко, З. В. Использование модифицированного железорудного сырья для получения конструкционной биологической защиты атомных реакторов [Текст] / П. В. Матюхин, А. В. Ястребинская, З. В. Павленко // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 9-3. — С. 507-510.

4. Павленко, В. И., Ястребинский, Р. Н., Матюхин, П. В., Ястребинская, А. В., Куприева, О. В. Физико-технические свойства радиационно-защитного транспортного контейнера на основе высоконаполненной полимерной матрицы и железорудного сырья кма / В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский, П. В. Матюхин, А. В. Ястребинская, О. В. Куприева [Текст] // Региональная научно-техническая конференция по итогам ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. — Белгород:сборник докладов, 2016. — С. 256-264.

5. Матюхин, П. В., Бабенко, И. К. Материалы для биологической защиты ядерного реактора / П. В. Матюхин, И. К. Бабенко [Текст] // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. — Белгород:Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. — С. 588-592.

6. Матюхин, П. В. Термостойкие полимерные композиты для нейтронной и гамма-защиты [Текст] / П. В. Матюхин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2014. — № 9 (28). — С. 39-40.

7. Matyukhin P.V. Studies of structural changes in surface and deep layers in magnetite crystals after high pressure pressing / Matyukhin P.V. [Текст] // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019). — Belgorod:Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 2019. — С. 239-243.

8. Ястребинский, Р. Н., Дороганов, В. А., Павленко, В. И., Ястребинская, А. В., Матюхин, П. В., Евтушенко, Е. И. Жаростойкий радиационно-защитный композиционный материал [Текст] / Р. Н. Ястребинский, В. А. Дороганов, В. И. Павленко, А. В. Ястребинская, П. В. Матюхин, Е. И. Евтушенко // Огнеупоры и техническая керамика. — 2014. — № 7-8. — С. 19-22.

9. Композиционный материал для радиационной защиты: пат. 2470395 Рос. Федерация № 2010152157/07; заявл. 20.12.2010; опубл. 20.12.2012

10. Ястребинский, Р. Н., Соколенко, И. В., Иваницкий, Д. А., Матюхин, П. В. Воздействие электронного излучения на

термопластичный полимер [Текст] / Р. Н. Ястребинский, И. В. Соколенко, Д. А. Иваницкий, П. В. Матюхин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 12-6. — С. 983-986.

11. Matyukhin P.V. Reaction of spot radioactive source with the energy of 661.7 keV on the modification in the structure of surface layer of metal composite material [Текст] / Matyukhin P.V. // Solid State Phenomena. — 2020. — Т. 299. — С. 107-111.

12. Матюхин, П. В., Бондаренко, Ю. М., Павленко, В. И. Спектральный анализ наполнителя на основе оксида висмута радиационно-защитного металлокомпозиционного материала [Текст] / П. В. Матюхин, Ю. М. Бондаренко, В. И. Павленко // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 1-1. — С. 148-152.

13. Павленко, В. И., Матюхин, П. В. Теплоизоляционный бесцементный бетон из вторичных минеральных ресурсов [Текст] / В. И. Павленко, П. В. Матюхин // Строительные материалы. — 2005. — № 8. — С. 22-25.

14. Matyukhin P.V Inorganic radio protective metal composite construction material, news of higher educational institutions [Текст] / Matyukhin P.V // Строительство. — 2007. — Т. 9. № 585. — С. 35.

15. Матюхин, П. В., Павленко, В. И., Ястребинский, Р. Н., Дороганов, В. А., Евтушенко, Е. И. Термические свойства алюмосодержащего композиционного материала, обладающего радиационно-защитными свойствами [Текст] / П. В. Матюхин, В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский, В. А. Дороганов, Е. И. Евтушенко // Огнеупоры и техническая керамика. — 2015. — № 9. — С. 27-29.

16. Ястребинская, А. В., Матюхин, П. В., Павленко, З. В., Карнаухов, А. А. Использование гидрид содержащих композитов для защиты ядерных реакторов от нейтронного излучения [Текст] / А. В. Ястребинская, П. В. Матюхин, З. В. Павленко, А. А. Карнаухов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 12.

17. Матюхин, П. В. Неорганический радиационно-защитный металлкомпозиционный материал строительного назначения [Текст] / П. В. Матюхин // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2007. — № 9 (585). — С. 35-39.

18. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix [Текст] / Matyukhin P.V. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2011. — № 2. — С. 42.

19. Павленко, В. И., Ястребинский, Р. Н., Матюхин, П. В., Воронов, Д. В. Взаимодействие быстрых электронов и гамма-квантов с радиационно-защитными железооксидными композитами [Текст] / В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский, П. В. Матюхин, Д. В. Воронов // Известия вузов. Физика. — 2008. — Т. 51. № 11. — С. 66-71.

20. Ястребинская, А. В., Черкашина, Н. И., Матюхин, П. В. Радиационно-защитные нанонаполненные полимеры [Текст] / А. В. Ястребинская, Н. И. Черкашина, П. В. Матюхин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 12-7. — С. 1191-1194.

УДК 62-503.56

Комиссарова Д.К., Согрешили А.В., Фролов Д.А.

Научный руководитель: Бобкова В.П.

*Национальный исследовательский университет,
г. Зеленоград, Россия*

ВОДОМАТ С ФУНКЦИЕЙ ТОЧНОГО РОЗЛИВА: ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

В статье представлена методика проектирования автоматизированной системы налива жидкостей с упрощенной конструкцией, обеспечивающей высокую точность дозирования при минимальных затратах. В основе системы - доступные компоненты: микроконтроллерные платформы, датчики положения и компактные исполнительные механизмы, с особым вниманием к обратной связи по углу поворота трубки. Решение демонстрирует возможность создания точных систем без дорогостоящего промышленного оборудования.

1. Корпус.

Основу устройства составляет корпус из 6-мм фанеры, выбранной за прочность, надежность и удобство обработки. Фанерная конструкция превосходит пластиковые аналоги по устойчивости к механическим воздействиям и обеспечивает надежное крепление всех компонентов. Панели корпуса соединяются мебельными уголками, образуя жесткую и долговечную конструкцию.

Разработка учитывает типичные проблемы аналогов и включает конструктивные решения для улучшения эксплуатационных характеристик. Система сочетает простоту реализации с высокой функциональностью, что делает ее практичным решением для автоматизации процесса налива жидкостей.



Рис. 1. Корпус устройства.

2. Соединения и крепежные элементы.

Для сборки корпуса и фиксации внутренних компонентов применяются мебельные уголки 20×20 мм, обеспечивающие прочность и устойчивость конструкции. Крепление выполняется винтами $M4 \times 16$ мм, подобранными с учётом толщины фанеры (6 мм) и уголков. Фиксация усиливается гайками $M4$, исключающими самопроизвольное ослабление соединений.

3. Отсек для ёмкости с жидкостью.

В конструкции предусмотрен специальный отсек для размещения емкости с жидкостью. Конструкция включает отсек для ёмкости, обеспечивающий автономность и мобильность устройства. Это позволяет использовать его в различных условиях (мероприятия, офисы, передвижные точки). Отсек рассчитан на удобную замену и фиксацию ёмкости. На рисунке продемонстрирован отсек для ёмкости с жидкостью.



Рис. 2. Отсек для ёмкости с водой

4. Система управления поворотом трубки.

Для регулировки угла наклона разливной трубки используется сервопривод, обеспечивающий точное позиционирование благодаря встроенной обратной связи. К его валу хомутами крепится медная трубка ($\varnothing 8$ мм), выбранная за коррозионную стойкость. Такое решение гарантирует контролируемый разлив за счёт точного угла поворота, надёжную фиксацию трубки с возможностью регулировки, долговечность при контакте с различными жидкостями [1].

5. Система перекачки жидкости.

Для перекачки жидкости из ёмкости в стаканы используется помпа с производительностью 180 л/час. Помпа соединяется с ёмкостью и трубкой розлива посредством гибкого силиконового шланга. Выбор силиконового шланга обусловлен его химической инертностью, гибкостью и устойчивостью к перепадам температур. Шланг должен обеспечивать герметичное соединение с помпой и трубкой, исключая утечки жидкости. Для предотвращения перегибов шланга рекомендуется использовать специальные фитинги.

6. Датчики положения стаканов и кнопка запуска.

Подставка для стаканов оснащена пятью микровыключателями, которые определяют наличие и положение стаканов, передавая сигналы системе управления для точного позиционирования разливной трубки. Встроенная кнопка запуска активирует процесс розлива: система автоматически позиционирует трубку, включает помпу и начинает налив жидкости. На рисунке продемонстрированы микровыключатели, вмонтированные в корпус устройства [2].



Рис. 3. Микровыключатели, вмонтированные в корпус устройства

7. Интерфейс пользователя.

На передней панели корпуса расположен экран. Экран отображает информацию о количестве стаканов, процессе работы устройства и других параметрах, облегчая взаимодействие с пользователем. Был выбран жидкокристаллический дисплей (LCD) с достаточным разрешением для четкого отображения информации. В задней части корпуса установлен переключатель, который используется для включения/выключения питания устройства. Для подключения устройства к сети питания, предусмотрен разъем USB Type-C. На рисунке продемонстрирован работающий ЖК дисплей.



Рис. 4. ЖК-дисплей в корпусе устройства

8. Электрическое питание и подключение.

Электрическое питание устройства осуществляется через разъем USB Type-C. Выбор Type-C обусловлен его универсальностью и распространенностью, что облегчает использование устройства. Необходимо предусмотреть схему преобразования напряжения, обеспечивающую питание всех компонентов устройства (помпы, сервопривода, экрана, микроконтроллера и т.д.) от напряжения USB (5

В или выше). Рекомендуется использовать качественные компоненты, чтобы обеспечить надежную и безопасную работу устройства [3].

Разработанная автоматизированная система налива жидкостей демонстрирует возможность создания высокоточных дозирующих устройств на базе доступных микроконтроллерных платформ и недорогих компонентов. Применение упрощённых, но эффективных технических решений, включая обратную связь по углу поворота трубки, позволило достичь высокой точности налива без использования специализированного промышленного оборудования.

Экспериментальные испытания подтвердили работоспособность системы и её применимость в условиях, приближенных к реальным производственным. Таким образом, предложенная методика проектирования открывает перспективы для разработки экономичных, но эффективных автоматизированных систем налива, доступных для малых и средних предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов, Е. П. Теория систем автоматического управления / Е. П. Попов, В. А. Бесекерский. — СПб., 2003.
2. Смит, С. Цифровая обработка сигналов: практическое руководство для инженеров и научных работников / С. Смит. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 720 с. — ISBN 978-5-94120-145-7.
3. . Справочник по электротехническим материалам / под ред. Ю. В. Корицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. — Москва, ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1986.

УДК: 378.147

Котырева М.А.

*Научный руководитель: Степаненко А.С., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный технический университет гражданской
авиации, г. Москва, Россия*

ВЛИЯНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОТРУДНИКОВ СЛУЖБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК АО «Ю-ТИ-ДЖИ» НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Международный аэропорт Внуково является одним из крупнейших аэропортов в России. Эффективная работа службы организации пассажирских перевозок (СОПП) играет ключевую роль в

обеспечении качественного обслуживания пассажиров на всех этапах их пребывания в аэропорту и своевременного выполнения рейсов. Операционным процессом оператора аэропорта, АО «Ю-Ти-Джи» является, в том числе, процесс обслуживания пассажиров, выполняемый сотрудниками службы организации пассажирских перевозок [1]. Процесс выполняется агентами по обслуживанию пассажирских перевозок, сформированными в рабочие смены. «Старший» смены имеет управленческие и контролирующие функции.

Сфера деятельности персонала указанного подразделения включает не только регистрацию на рейс и оформление багажа, но и обслуживание в терминалах и на перроне, а также проводы улетающих пассажиров и встречу тех, кто прилетел. Работники службы желают вам приятного полета непосредственно перед посадкой на борт, и встречают вас после прилета. От качества работы СОПП зависит регулярность вылетов рейсов, создается имидж не только аэропорта, но также и складывается впечатление об авиакомпаниях, чьим обслуживанием занимается служба. Этот факт предъявляет высокие требования к квалификации сотрудников, их внешнему виду и поведению. Ведь, по сути, служба организации пассажирских перевозок – это лицо аэропорта [2]. Следовательно, деятельность агентов по обслуживанию пассажирских перевозок является показателем качества работы оператора аэропорта Внуково - АО «Ю-Ти-Джи».

Процессы обслуживания пассажиров оказывают влияние не только на имидж аэропорта, но и на конфигурацию всей операционной деятельности аэропорта и авиакомпаний, составляющую перевозочный процесс. В частности, задержки, обусловленные ошибками агентов по обслуживанию пассажирских перевозок, оказывают влияние на общий технологический график обслуживания рейса.

Сотрудники СОПП выполняют следующие виды работ: регистрация билетов и оформление багажа к перевозке; оформление перевозочной документации на воздушную перевозку пассажиров и багажа; проведение расчета центровочного графика; доставка пассажиров к месту стоянки воздушного судна и организация посадки на него пассажиров на воздушное судно; доставка багажа к месту стоянки воздушного судна, погрузка багажа и его швартовка на борту воздушного судна; встреча пассажиров при выходе из воздушного судна, доставка пассажиров в здание аэровокзала; выгрузка багажа из воздушного судна, транспортировка багажа и выдача его пассажирам; информационное обеспечение авиаперевозок пассажиров и багажа [3]. Выполнение сотрудниками подразделения перечисленных кроссфункциональных задач требует от наличия у них определенных

квалификационных характеристик, влияющих на успех деятельности подразделения [4, 5].

Деятельность сотрудников подразделения подразумевает участие в большинстве операционных процессов аэропорта, следовательно, наблюдается сложность контроля и диспетчеризации работы смен службы.

Исследование проводилось самостоятельно автором с целью определения факторов, влияющих на повышение эффективности и качества обслуживания пассажиров сотрудниками подразделения службы организации пассажирских перевозок АО «Ю-Ти-Джи» - оператора аэропорта Внуково. Для достижения поставленной цели использовались следующие методы сбора информации: опрос (проводился среди сотрудников СОПП UTG, опросу подверглись 23 сотрудника, что составило 90% от численности сотрудников); анализ кадровых документов, результаты которого позволили определить социально-демографические характеристики сотрудников.

Рассмотрим результаты проведенного исследования. Около 30% сотрудников имеют стаж работы менее 1 года, что указывает на высокую текучесть кадров. 48% сотрудников имеют стаж работы от 1 до 3 лет – это может свидетельствовать о том, что они уже приобрели достаточный опыт работы и являются ценными сотрудниками. Только 9% сотрудников имеют стаж работы от 3 до 5 лет, и всего 13% - более 5 лет – это указывает на недостаток опытных сотрудников. Вследствие этого, можно говорить о высокой текучести кадров, что снижает уровень качества обслуживания пассажиров, а, следовательно, и общую эффективность работы службы пассажирских перевозок. В рамках проведенного опроса обнаружены факторы, влияющие на работу персонала смены, представленные на рисунке 1.

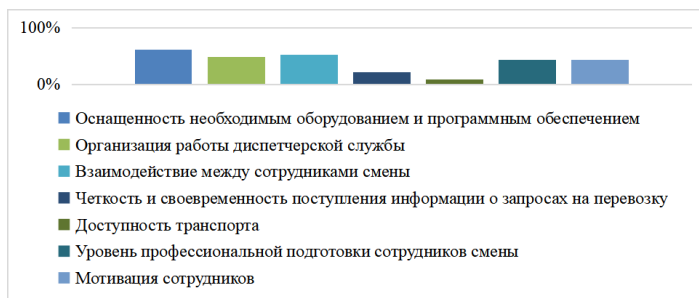


Рис.1. Факторы, влияющие на работу СОПП, по мнению сотрудников АО «Ю-Ти-Джи»

Наибольшее влияние, согласно итогам исследования на работу смены оказывают:

- недостаток программного обеспечения для достижения целей должности;
- нехватка персонала (просто не хватает работников);
- низкая профессиональная подготовка сотрудников;
- отсутствие слаженного взаимодействия сотрудников при выполнении функций должности.

Также в рамках исследования обозначены факторы успеха деятельности сотрудников проверенной смены (рисунок 2).

Анализ результатов исследования позволил сформировать следующие выводы. Для успешной работы необходимы слаженные действия команды, члены которой обладают высокой заинтересованностью в результатах своего труда, и, соответственно, высокой мотивацией совершенствовать свои навыки, высоким профессионализмом и применяющие современные технологии, позволяющие эффективно достигать целей организации.

Как показывают результаты включенного наблюдения, следует обратить внимание на подбор кадров для занятия должности агента по организации пассажирских перевозок [6]. Предложенные ниже требования позволят снизить затраты на оформление кандидатов на должность, а также снизить текучесть кадров. Необходимо разработать спецификацию должности агента по организации пассажирских перевозок, в которую включить следующие требования к претенденту:

- Наличие ситуационного мышления. Предлагаются кейсы с типичными ситуациями, требующими принятия решений (например, задержка рейса, конфликт с пассажиром, потеря багажа). Оценивается логичность, эффективность и клиентоориентированность решений.

- Наличие коммуникативных навыков. Проводится ролевая игра, в которой кандидат должен продемонстрировать умение общаться с разными типами пассажиров, решать конфликты и предоставлять информацию.

- Стрессоустойчивость. Кандидату предлагается решить сложную задачу в ограниченное время под давлением экзаменатора. Оценивается его способность сохранять спокойствие и эффективно работать в стрессовых условиях.

- Знание английского языка. Проводится тест на знание английской грамматики и лексики, а также проверка навыков общения на английском языке.

- Общие знания об авиации и деятельности аэропорта. Тест на знание основных понятий и процедур, связанных с авиацией и работой аэропорта.

Разработка и использование такого испытания позволит отбирать наиболее подходящих кандидатов для работы в СОПП, что, в свою очередь, повысит эффективность работы службы и улучшит качество обслуживания пассажиров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степаненко, Е. В. Бизнес-процессы авиакомпаний и аэропорта: общность и различия / Е. В. Степаненко, М. А. Шевердин, Р. Р. Низаметдинов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2020. – № 33. – С. 69-77. – EDN LNCAEW.

2. Зверева, В. Служба организации пассажирских перевозок уфимского аэропорта - самая народная - МК Уфа. [Электронный ресурс]. URL: <https://ufa.mk.ru> (дата обращения: 02.04.2025).

3. Кропивенцева, С.А., Седова, М.А. Сокращение длительности обслуживания пассажиров вылетающего рейса и оценка стоимости процесса обслуживания Уфа. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 26.04.2025).

4. Большедворская, Л. Г. Принципы формирования профиля компетенций ключевых профессий поставщика авиационных услуг / Л. Г. Большедворская, Е. В. Степаненко // Молодежь и будущая Россия : Материалы IV Всероссийской конференции, Москва, 09–10 октября 2024 года. – Москва: Издательский дом "УМЦ", 2025. – С. 126-130. – EDN LPSFYZ.

5. Болът, А. С. Организация пассажирских мультимодальных перевозок в современных условиях / А. С. Болът, П. С. Болът, А. В. Власова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 9. – С. 17-25. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-09-3. – EDN GVAXOQ.

6. Степаненко, Е. В. Процессный подход к подбору человеческих ресурсов / Е. В. Степаненко // Инновации в гражданской авиации. – 2019. – Т. 4, № 2. – С. 59-70. – EDN LNQIQD.

Курпаков З.С.

*Научный руководитель: Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

В современном дорожном строительстве особое внимание уделяется поиску инновационных материалов, сочетающих высокие эксплуатационные характеристики с экономической эффективностью. Битумные эмульсии занимают важное место как перспективный технологический продукт, позволяющий оптимизировать процессы строительства и ремонта дорожных покрытий [1].

Битумные эмульсии представляют собой дисперсную систему, где частицы битума распределены в водной среде. Они подразделяются на прямые (частицы битума в воде) и обратные (водная фаза в битумной среде) эмульсии. Эти материалы становятся все более востребованными в дорожном, гражданском и гидротехническом строительстве благодаря своим уникальным свойствам.

Ключевое преимущество битумных эмульсий заключается в принципиально новом подходе к подготовке вяжущего материала. В отличие от традиционных технологий, процесс эмульгирования битума полностью исключает необходимость высокотемпературной обработки на этапе приготовления смесей. Это открывает целый ряд технологических и экономических преимуществ [2,3].

Одним из главных достоинств является способность эмульсий демонстрировать повышенную адгезию даже к холодным и влажным минеральным материалам, что особенно важно при работе в условиях переменчивого климата. Высокая стабильность битумных эмульсий при хранении и транспортировке значительно расширяет возможности их логистики и применения на удаленных объектах.

Экологическая составляющая технологии также заслуживает особого внимания. За счет работы при пониженных температурах существенно сокращаются выбросы летучих углеводородов, что делает процесс более безопасным для окружающей среды и персонала. При этом экономия битума может достигать 40% по сравнению с традиционными "горячими" технологиями.

Битумные эмульсии находят широкое применение в различных дорожных работах. Они используются для поверхностной обработки дорожного полотна, что позволяет эффективно бороться с гидроизоляцией, обеспыливанием и заполнением мелких трещин. При подгрунтовке дорожных оснований эмульсии обеспечивают крепкое сцепление между основанием дороги и верхними слоями.

Эксплуатационные характеристики битумных эмульсий обеспечивают значительные технологические преимущества. Прежде всего, это возможность проведения работ при низких температурах, что существенно расширяет сезонность применения. Важным преимуществом является отсутствие необходимости предварительного разогрева битума, что существенно упрощает технологический процесс. Эмульсии обеспечивают равномерное распределение вяжущего материала по поверхности и демонстрируют улучшенную адгезию к различным минеральным материалам. Кроме того, они отличаются высокой экологической безопасностью.

Основные направления использования битумных эмульсий в дорожном строительстве включают поверхностную обработку дорожных покрытий, подгрунтовку оснований, производство холодных асфальтобетонных смесей, стабилизацию грунтов и ямочный ремонт [4].

Экономическая эффективность применения битумных эмульсий проявляется в нескольких аспектах. Прежде всего, затраты на их использование снижаются на 30-40% по сравнению с традиционными битумными материалами. Существенная экономия достигается за счет уменьшения расходов на энергоресурсы. Кроме того, сокращается продолжительность выполнения работ, а также появляется возможность проведения строительных работ в течение всего года.

Методы применения битумных эмульсий разнообразны и включают распыление с помощью специальных машин, инъекционное введение, смешивание с минеральными материалами и поверхностную обработку [5].

Экологическая безопасность при работе с битумными эмульсиями обеспечивается отсутствием вредных выбросов в процессе нанесения, снижением потребления нефтепродуктов и минимальным воздействием на окружающую среду. Кроме того, существует возможность утилизации отходов производства.

Современные технологии не стоят на месте, и битумные эмульсии постоянно совершенствуются за счет введения различных добавок. Полимерные модификаторы повышают эластичность и трещиностойкость материала, антиоксиданты продлевают его срок

службы. Антистатические добавки предотвращают расслоение эмульсии, а морозостойкие компоненты расширяют температурный диапазон применения.

Для работы с битумными эмульсиями используется специализированное оборудование, включающее эмульсаторы непрерывного действия, автоцистерны с системой подогрева, распылительные установки, машины для поверхностной обработки и смесители принудительного действия.

В производстве холодных асфальтобетонных смесей эмульсии позволяют существенно снизить энергозатраты на всех технологических этапах – от производства до выполнения работ по текущему и капитальному ремонтам. Они также активно применяются для стабилизации грунта и выполнения ямочного ремонта, где играют роль пропитки и связующего для фракционных материалов [6].

При низких температурах битумные эмульсии претерпевают определенные изменения. Происходит кристаллизация водной фазы, увеличивается вязкость системы, изменяются реологические характеристики и снижается общая стабильность эмульсии. Однако современные технологии позволяют эффективно работать с этими материалами даже при температуре $0...+5^{\circ}\text{C}$.

Использование данных эмульсий способствует улучшению качества дорожных покрытий, снижению негативного воздействия на окружающую среду и созданию устойчивой инфраструктуры дорог. Их применение позволяет существенно продлить дорожно-строительный сезон, снизить концентрацию выбросов вредных органических соединений в атмосферу и повысить общую эффективность дорожных работ [6].

Перспективные направления развития технологии включают разработку “умных” эмульсий с самовосстановлением, создание биоразлагаемых компонентов, внедрение нанотехнологий, автоматизацию процессов нанесения и разработку “умных” систем контроля качества.

Успешное применение битумных эмульсий подтверждается многочисленными примерами. Среди них – Московская кольцевая автодорога (МКАД), федеральная трасса М11 “Нева”, дороги Санкт-Петербурга, автомагистрали Краснодарского края и региональные дороги Сибири [5].

Таким образом, битумные эмульсии представляют собой эффективное решение для создания экологически чистых и устойчивых асфальтобетонных покрытий. Их применение способствует развитию

современного дорожного строительства, отвечающего требованиям энергоэффективности и экологической безопасности [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головин И.В., Рудак С.В. Применение битумных эмульсий в строительной отрасли Российской Федерации // Актуальные проблемы теории и практики развития научных. - 2022. - С. 35-37.
2. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Борысенко Е.В. Об исследовании свойств эмульсий, приготовленных на немодифицированных и модифицированных битумах // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения. - 2017. - № 1. - С. 49-53.
3. Ахатова Р.А. Основные требования к битумным эмульсиям при строительстве автомобильных дорог // Материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. - 2018. - С. 189-191.
4. Глазычев, В. Л. Урбанистика / В. Л. Глазычев. — М.: Европа, 2008. — 216 с.
5. Усов Б.А., Горбунова Т.Н. Свойства и модификация битумных вяжущих // Системные технологии. - 2017. - № 22. - С. 72-88.
6. Кузнецов Д. А. Устойчивость к образованию трещин при старении асфальтобетона с пористыми минеральными порошками / Д. А. Кузнецов, Б. С. Агамян, Т. Р. Баранов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - № 6. - С. 43-46
7. Лукаш Е. А. Эффективные асфальтобетонные смеси с использованием модифицированных наполнителей / Е. А. Лукаш, Д. А. Кузнецов, М. В. Бабанин // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - № 6. - С. 57-60.

УДК 658.3.07

Маркин А.М.

*Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ ШТАТА СОТРУДНИКОВ НА МАЛОМ И СРЕДНЕМ ХИМИЧЕСКОМ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для современного производства существует множество способов оптимизации структуры управления производства, в частности

численности его штата, но фактически подходов к решению данного вопроса всего два:

- теоретический подход, подразумевает тщательное исследование в структуре должностных положений и инструкций, а также создание четких методик RACI сотрудников. Данная методика популярна во многих крупных предприятиях по всему миру, не только связанных с химической промышленностью [1].

- практический или аналитический подход, подразумевает исследование и сравнение управленческой структуры конкурирующего предприятия или аналогичного производства, выручка и объем которого превышает показатели данного производства. Структура аналогичного производства детально изучается, разъясняются предназначения каждого из отделов изучаемого производства.

Цель обоих методов заключается в нахождении оптимальной кадровой основы для стратегического развития предприятия, что в свою очередь дает возможность применить не стандартные способы управления.

1. Необычные управленческие решения в компаниях специализирующихся на химическом производстве и переработки в странах Азии и Евросоюза.

- Упразднение интегрированных в структуру завода отделов, не связанных напрямую с производством. То есть перенос бухгалтерии, кадровой службы, лаборатории, а также обслуживание контрольно-измерительных приборов (КиП) на субподряд.

- Сведение к минимуму штата сотрудников структуры ремонта механического и электрического оборудования. Этого количества должно быть достаточно, чтобы провести ремонтные работы, не требующие демонтажа конструкции и производить ежедневный план проверок и проверок каждого агрегата, включающий в себя строгую отчетность, о состоянии каждой установки. А в случае поломки большого масштаба работы отдаются на аутсорсинг [2].

- Сведение к минимуму или упразднение штата секретарей, их обязанности берут на себя офис-менеджеры, которые, кроме этого, ведут всю офисную нагрузку завода.

- В инженерном отделе предприятия сокращается количество заместителей главного инженера и сводиться к одному или двум членам персонала, которые ответственны за составления ведомостей.

- Упразднение штата по экологической безопасности и перевод отдела на аутсорсинг. Если же объемы производства не позволяют перевести этот процесс на субподряд, то состав штата лаборатории обычно не превышает двух-трех инженеров, находящихся в

подчинении заведующего по качеству.

В условиях жесткой конкуренции в Евросоюзе, а в особенности в Китае, директорам производств приходится экономить на любой мелочи, чтобы удержаться на плаву. Поэтому там часто рождаются самые интересные управленческие модели и концепции по оптимизации штата без появления осложнений в его работе [1].

Но реалии нашей страны, вносят свои коррективы и вынуждают нас видоизменять решения, которые возможны только в тех странах, в которых они придуманы, поэтому приведу варианты применения его в России.

2. Применение опыта иностранных компаний в реалиях современной России.

1. Серверный отдел. Уже не новость, что у филиалов больших отечественных компаний вся информационная система обслуживается из центрального офиса. Как пример можно привести IT компанию из Нижнего Новгорода, которая оказывает квалифицированные услуги сервисного обслуживания производственных предприятий в формате аутсорсинга.

2. Бухгалтерский отдел. У холдинговых компаний типа “СИБУРА” уже давно имеется центральная бухгалтерия для своих дочерних компаний, расположение которых охватывает всю нашу страну. Конечно, передача собственной бухгалтерского отдела на аутсорсинг вещь новая, однако использование управляющей компании может подойти в случае нужды оптимизировать штат сотрудников.

3. Отдел контроля и качества. Объединяет и не допускает появления любых структур или подотделов, отвечающих за качество выпускаемой продукции. Причем технологическим параметрам в системе менеджмента уделяется последнее место в списке ответственности, так как она имеет эта структура работает как отлаженный механизм и имеет четкий регламент действий. Так же в обязанности заведующего по качеству входит выяснение причин претензий со стороны заказчиков, поездки с целью ревизии на предприятия, являющиеся сырьевыми поставщиками заводу, находящимся в зоне ответственности директора по качеству, и в случае неисправности на нем организовать устранение причины и обеспечить изъятие партии, в которой был допущен брак [2].

Теперь, когда мы разобрались как видоизменили некоторые из структурных особенностей производства, можно привести пример конкретного предприятия, где применили и внедрили решения специфичные для зарубежных компаний.

3. Пример оптимизации отделов на перерабатывающем

предприятия “N”.

1. Главный технолог и технический отдел. Главный технолог является ключевой фигурой, определяющей технологическую стратегию предприятия. Его технический отдел занимается оформлением этой стратегии в виде инструкций, распоряжений и регламентов. Выбор главного технолога, как и других главных специалистов (главного механика, энергетика, метролога), является задачей для главного инженера и генерального директора. Технологическая стратегия предприятия должна включать жёсткое регламентирование технологического режима и норм расхода. Это позволит обеспечить эффективное функционирование предприятия и достижение поставленных целей [1].

2. Начальник цеха и цеховые специалисты. Для повышения эффективности работы предприятия рекомендуется повысить статус мастеров смен до начальников смен. Заместитель начальника цеха также является важной должностью, но при наличии в каждом цехе двух-трёх начальников производств, некоторые из них могут быть избыточными.

В случае отсутствия начальника цеха его функции может выполнять любой из начальников производств. Начальника производства может заменить начальник смены, а начальника смены — квалифицированный рабочий, прошедший аттестацию и сдавший экзамен на должность начальника смены.

3. Директор по качеству, ТБ, ОТ, лаборатория. На предприятии внедрена система трёхступенчатого контроля, которая включает следующие этапы:

- Начальники цехов и производств делают ежедневные отметки;
- Главные специалисты, посещают цеха не реже одного раза в месяц; (генеральный директор проводит проверки не реже одного раза в шесть месяцев).

Эта система является эффективным инструментом для поддержания дисциплины на предприятии и предотвращения нарушений. Невыполнение трёхступенчатого контроля может стать основанием для административных взысканий или увольнений.

4. Инженеры-механики В производственном цеху могут отсутствовать энергетики, механики и специалисты КиП. Однако на весь завод обязательно присутствуют до трёх человек каждого профиля в должности инженера-механика. Эти специалисты обладают широкими полномочиями, включая:

- Вызов ремонтных бригад по своему усмотрению;
- Формирование фактур за выполненные работы;

- Ведение договорного сопровождения сервисных услуг по ремонтам, как капитальным, так и планово-предупредительным.

5. Технолог предприятия. Технолог предприятия является одной из самых независимых и высокооплачиваемых должностей на иностранных производствах. Его обязанности включают:

- Визирование всех договоров при планировании использования новых видов сырья, расходных материалов и иных прекурсоров;
- Проверка выполнения регламентных технологических операций персоналом;
- Изучение новых рецептур, технологических приёмов и маркетинговых аспектов, связанных с продукцией предприятия;
- Постановка задач по развитию предприятия.
- Фактически, технолог предприятия играет ключевую роль в формировании его стратегии.
- Заключение договоров на технологический сервис и аудит;
- Выявление и устранение причин рекламаций со стороны покупателей;

В заключении можно сказать, что существуют различные подходы к оптимизации структуры управления производства, включая оптимизацию численности штата. В современном производстве применяются как теоретические, так и практические методы анализа. Опыт зарубежных компаний в оптимизации управленческих структур может быть адаптирован и применён в реалиях России. Примеры таких адаптаций включают аутсорсинг некоторых функций, централизацию определённых отделов и изменение подходов к контролю качества. Внедрение этих решений может способствовать повышению эффективности и конкурентоспособности отечественных предприятий [3].

Благодарность: Исследования для данной работы выполнены на базе Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оптимизация производственных процессов: методы и преимущества / [Электронный ресурс] // <https://www.goodsforecast.ru> : [сайт]. — URL: (дата обращения: 27.05.2025).
2. Организационная структура управления завода ДПО «Пластик». Адаптация и применения опыта, перерабатывающих предприятий ЕС / [Электронный ресурс] // URL: <https://makston->

engineering.ru : [сайт]. — URL: (дата обращения: 27.05.2025).

3. Оптимизация производственных процессов: методы и преимущества / [Электронный ресурс] // <https://www.goodsforecast.ru> : [сайт]. — URL: (дата обращения: 27.05.2025).

УДК 65.011.56

Мелехов К.Г., Кириченко К.В.

***Научный руководитель: Кариков Е.Б., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В ТРЕХРЕЗЕРВУАРНОЙ СИСТЕМЕ

Управление уровнем жидкости в промышленных резервуарах — ключевая задача для обеспечения безопасности и эффективности процессов в химической, нефтехимической, пищевой и фармацевтической отраслях. Традиционные системы автоматизации часто ориентированы на емкости с постоянным сечением [3], однако в реальных условиях резервуары могут иметь сложную геометрию (коническую, сферическую), что приводит к нелинейным зависимостям между притоком, расходом и уровнем жидкости.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки адаптивных алгоритмов, учитывающих геометрические особенности резервуаров. Цель работы — создание САР для системы, состоящей из трех резервуаров (Рис. 1), где верхний резервуар имеет постоянное сечение, средний — коническую форму, а нижний — сферическую.

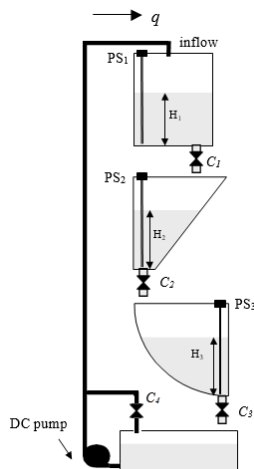


Рис.1. Конструкция стенда

Управление потоками жидкости происходит путем открытия или закрытия клапанов C_1 , C_2 , C_3 соответствующими сервоприводами. В каждой емкости установлены датчики давления, которые посылают сигналы на порты контроллера. При достижении заданного уровня соответствующий клапан закрывается сервоприводом, и далее заполняется емкость, расположенная выше.

Управление подачей жидкости реализовано посредством байпасного клапана C_4 с сервоприводом. Такой подход позволяет регулировать поток жидкости, обеспечивая работу насоса вхолостую при отсутствии необходимости подачи, при этом исключая опасность электротравмы и повышая безопасность эксплуатации системы.

Объектом управления в данной системе является система, состоящая из трех резервуаров, соединенных друг с другом. Уравнения динамики имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dH_1}{dt} = \frac{1}{S_1} Q_{np} - \frac{C_1}{S_1} \mu S \sqrt{2gH_1} \\ \frac{dH_2}{dt} = \frac{1}{S_1} \mu S \sqrt{2gH_1} - \frac{1}{S_2(H_2)} \mu S \sqrt{2gH_2} \\ \frac{dH_3}{dt} = \frac{1}{S_2(H_2)} \mu S \sqrt{2gH_2} - \frac{1}{S_3(H_3)} \mu S \sqrt{2gH_3} \end{cases},$$

где H_i - уровень жидкости в i -ом резервуаре ($i = 1, 2, 3$), S_i – площадь сечения в i -ом резервуаре, Q_{np} – приток жидкости в верхний резервуар, μ - коэффициент расхода.

Линеаризация проведена в окрестности рабочей точки $H_0=0.112$, $Q_0=360$ л/. Передаточные функция после разложения в ряд Тейлора принимают вид:

$$W_1(s) = \frac{K_1}{T_1s + 1} = \frac{2240}{19,6s + 1},$$

$$W_2(s) = \frac{K_2}{T_2s + 1} = \frac{30,27}{0,22s + 1},$$

$$W_3(s) = \frac{K_3}{T_3s + 1} = \frac{30,27}{0,28s + 1}.$$

Моделирование в MATLAB/Simulink [5] проведено для двух случаев:

1. Линеаризованная модель — переходная характеристика (Рис. 2) показывает экспоненциальный выход [1] на установившийся режим за $t \approx 60$ с $t \approx 60$ с.

2. Нелинейная модель — учет переменного сечения приводит к колебаниям уровня в нижних резервуарах

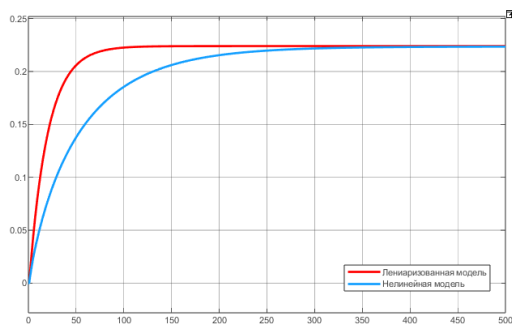


Рис. 2. Переходная характеристика линеаризованной и нелинеаризованной модели для верхнего резервуара

Введение запаздывания $\tau=0.8$, обусловленного длиной трубопровода $L=2$ м, увеличило время регулирования на 10%, но не повлияло на устойчивость системы [2].

Для управления уровнем жидкости в данной системе была разработана схема электрических соединений (Рис. 3) с управлением

при помощи микроконтроллера STM32F103C.

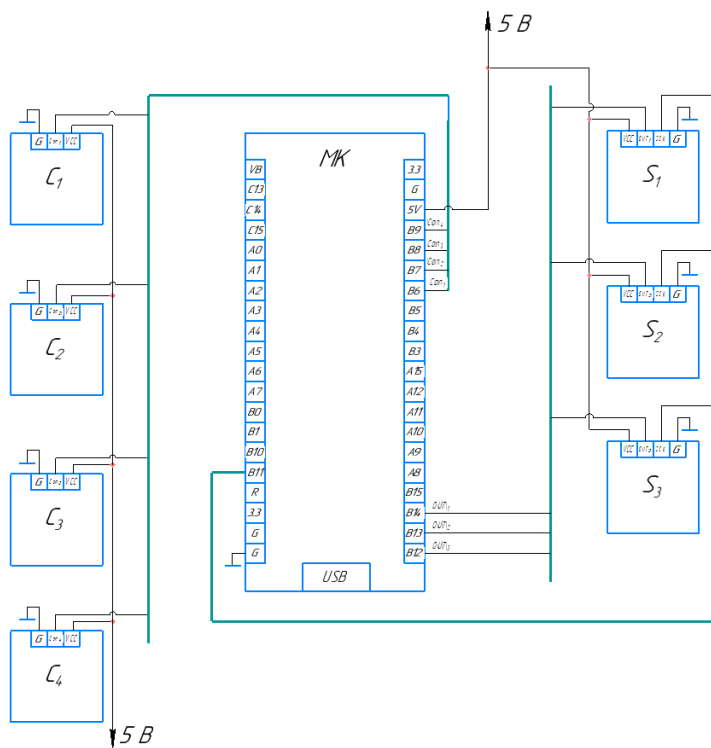


Рис. 3. Схема электрических соединений

Уровень жидкости в каждой емкости измеряется датчиками давления [6] S_1 , S_2 , S_3 . Микроконтроллер (МК) обрабатывает сигналы с датчиков и управляет клапанами с сервоприводами C_1 , C_2 , C_3 , расположенными под каждой емкостью. Это позволяет регулировать отток жидкости из каждой емкости независимо. Сервопривод C_4 управляет положением байпасного клапана. В качестве датчиков давления было решено использовать датчики HX710B, каждый из которых имеет сигналы PD_SCK (вход тактового сигнала) и DOUT (выход данных).

Контакт PB11 микроконтроллера STM32F103C является универсальным GPIO и может быть настроен как цифровой выход с режимом push-pull. Он подходит для формирования тактовых импульсов PD_SCK, необходимых для синхронизации передачи данных

с HX710В. Использование одного контакта PB11 для подачи тактового сигнала на все три датчика позволяет упростить аппаратную часть и снизить количество задействованных выводов микроконтроллера.

Выходы DOUT каждого датчика подключаются к отдельным контактам микроконтроллера, например PB12, PB13 и PB14, настроенным как цифровые входы с подтяжкой (GPIO input pull-up). Это обеспечивает индивидуальное считывание данных с каждого датчика.

В нормальном состоянии линия DOUT каждого датчика находится в высоком уровне. Когда данные готовы, соответствующий DOUT переходит в низкий уровень, сигнализируя о готовности к считыванию. Микроконтроллер подаёт серию из 25–27 тактовых импульсов на PD_SCK (PB11). При каждом импульсе сдвигается один бит данных с датчика, начиная с наиболее значимого (MSB). Для каждого датчика считывание происходит последовательно: микроконтроллер отслеживает состояние соответствующего DOUT (PB12, PB13 или PB14), и при готовности выполняет тактовую синхронизацию через PB11, считывая 24-битные данные. После 25-го импульса DOUT возвращается в высокий уровень, завершая передачу.

Для подключения сервоприводов к микроконтроллеру STM32F103C, в том числе трёх для управления клапанами под резервуарами и одного для байпасного клапана, можно использовать контакты PB6, PB7, PB8 и PB9, которые могут быть настроены как выходы с поддержкой аппаратного ШИМ через таймеры микроконтроллера STM32F103C. Эти контакты связаны с каналами таймеров, позволяющими генерировать стабильный ШИМ-сигнал с точной регулировкой скважности, необходимой для позиционирования сервоприводов.

Для каждого сервопривода микроконтроллер формирует ШИМ-сигнал [4] с частотой около 50 Гц (период 20 мс). Длительность импульса варьируется в диапазоне примерно 1–2 мс, что соответствует углам поворота сервомотора от минимального до максимального. Изменяя скважность ШИМ-сигнала на каждом из контактов PB6–PB9, микроконтроллер задаёт требуемое положение вала сервопривода, тем самым открывая или закрывая клапаны. Сервоприводы питаются от стабильного источника 5 В, а земля микроконтроллера и сервоприводов объединена для корректной работы.

Настройка таймеров STM32F103C на режим ШИМ с использованием каналов, связанных с PB6–PB9, позволяет одновременно и независимо управлять четырьмя сервоприводами.

Таким образом, применение данной системы позволяет

независимо регулировать уровень жидкости в емкостях различной формы, что может быть использовано в промышленных предприятиях в различных отраслях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем). Часть 1 / В.Г. Рубанов – Белгород: БГТУ, 2009. – 199с.
2. Рубанов, В. Г. Линейные системы автоматического управления / В.Г. Рубанов – Белгород: БелГТАСМ, 1997 — 106 с.
3. Зуев, К. И. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие / К. И. Зуев — Владимир: ВлГУ, 2016 — 224 с.
4. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.
5. MATLAB Documentation [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com> (дата обращения: 28.03.2025).
6. КИП и Автоматика [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com> (дата обращения: 04.04.2025).

УДК 658.52.011.56

*Морозов А.О., Литвинов Д.А., Остров В.Д.
Научный руководитель: Бобков В.Д., ст. преп.
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
г. Зеленоград, Россия*

УМНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ КАК НОВАЯ СТУПЕНЬ В РАЗВИТИИ КОНВЕЙЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

«Умная» конвейерная лента — тип конвейерных лент, который применяет в своей работе программные средства, позволяющие более эффективно использовать ресурсы конвейера, а также настраивать ленту на выполнение различного рода технических задач, таких как сортировка, выявление брака, а также анализ находящихся на ней предметов. Конструкция умной конвейерной ленты зависит от нужд конкретного предприятия, однако в большинстве случаев включает сам механизм конвейерной ленты, датчики, отслеживающие скорость передвижения продукции, её наличие на ленте, температуру и давление; видео-камеры, а также электронное устройство, занимающееся сбором

и обработкой информации с датчиков и управлением механизмами конвейера — блок управления конвейером. В роли блока управления зачастую выступает программируемый логический контроллер (например, контроллеры от фирмы Beckhoff, Siemens, Schneider Electric и др.), микроконтроллер (Arduino, STM-32 и др.) или одноплатный компьютер (Raspberry Pi, Repka-Pi и др.).

На текущий момент широко распространены классические ленточные конвейеры, не применяющие в своей работе технологии искусственного интеллекта. За годы использования данный тип конвейеров зарекомендовал себя как крайне надёжная система. Однако классический тип конвейеров не лишён и недостатков [1-3]:

— проблема организации управления производством. Одной из трудностей, стоящих на пути создания конвейерного предприятия, является сложность организации управления всеми технологическими процессами и сотрудниками, а также взаимодействия между ними. Текущие методики управления — такие как организация единых центров управления и контроль со стороны операторов — недостаточно эффективны для больших объёмов производства и создают риски для существенного снижения производительности.

— проблема индивидуального контроля качества. На текущий момент важную роль в оценке качества продукции играет ручной человеческий труд: сотрудник самостоятельно путём визуального контроля производит осмотр произведённых товаров. В силу таких факторов, как усталость или невнимательность, человек может совершать ошибки в своей работе, из-за чего бракованные товары могут попадать в основную партию;

— проблема неэффективного использования ресурсов. Часто при расчёте расходов на производство продукции учитывается только зарплата сотрудников, стоимость сырья и расходы на электроэнергию всего предприятия. Однако такие факторы, как энергопотребление отдельных устройств и издержки в виде микро-задержек, возникающих при непредвиденном простаивании производства (например, остановка конвейеров при скачках напряжения в сети или при заклинивании ленты), крайне сложно учитывать при расчёте расходов, что может привести к неэффективному использованию производственных и денежных ресурсов.

— проблема перепланирования. При колебаниях рынка и изменении спроса на тот или иной вид продукции конвейерные производства могут быть убыточными, так как требуют перенастройки и перепланирования.

— проблема небольших масштабов производства. Организация конвейерного предприятия может быть оправдана при больших объёмах производства. Однако при относительно небольшом количестве продукции конвейеры могут стать скорее убыточными, чем прибыльными.

Данный ряд проблем позволяет решить умная конвейерная лента с применением машинного зрения при поддержке технологии искусственного интеллекта.

Нейросеть способна эффективно управлять процессами на предприятии, что поможет решить проблемы с организацией управления.

Умные конвейерные ленты при поддержке технологии машинного зрения решают проблемы сортировки и выявления брака.

Умные конвейеры могут в процессе собирать статистику о количестве произведённой продукции, затраченной на это электроэнергии и времени выполнения операций по производству – эти данные позволят более эффективно распределять ресурсы на предприятии.

В условиях изменяющегося спроса умные конвейеры могут быть легко перенастроены — переобучение нейросети гораздо дешевле, чем перепланирование производства.

Согласно статистике, использование искусственного интеллекта на производствах повысило производительность труда более чем на 30% [4]. Также наблюдается рост рынка автоматизированных сортировочных систем: по прогнозам рынок автоматизированных сортировочных систем вырастет с 3,5 млрд долларов в 2020 году до 7 млрд долларов к 2025 году [5]. Таким образом можно сделать вывод, что искусственный интеллект активно интегрируется на современные предприятия, что говорит о его крайней эффективности в решении проблем конвейерного производства

Особенности и преимущества от применения технологии умных конвейеров рассмотрели в своих работах Р.А. Христоробов и Ю.Э. Голодков [6], Е.Г. Тимчук [7], О. З. Загазежева и С. Х. Шалова [8].

Р.А. Христоробов и Ю.Э. Голодков рассматривают применимость нейросетей в пищевой промышленности для контроля качества молочной продукции. Исследователи рассмотрели преимущества внедрения нейросетей в пищевую промышленность. Ими были выделены такие способы применения, как прогнозирование спроса на продукцию, а также техническое обслуживание оборудования до его отказа.

Е.Г. Тимчук также рассмотрел применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности и пришёл к выводу, что нейросети могут быть использованы для множества целей, таких как контроль качества, сортировка и сенсорный анализ, и кроме того, что применение нейросетей продвинуться в решении ряда важных проблем пищевой промышленности.

О. З. Загазежева и С. Х. Шалова исследовали вопрос применения умных конвейерных лент на технологических производствах и пришли к выводу, что данный тип производства крайне эффективен и активно расширяется в среде крупных производственных корпораций.

Таким образом, умные конвейерные активно внедряются на современные предприятия и являются следующей ступенью развития систем автоматического производства после классических конвейерных лент.

В виду большой эффективности умных конвейерных лент была предложена идея создания прототипа умной конвейерной ленты, которая с помощью технологии машинного зрения позволяет характеризовать товар на конвейерной ленте и характеризовать его по форм-фактору и наличию дефектов.

Таким образом, умные конвейеры являются следующей ступенью в развитии индустриального производства и в перспективе вытеснят классические конвейеры в виду их меньшей эффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кира Истратова. Что сказал бы Генри Форд? / Кира Истратова // приложение к журналу «добывающая промышленность». - 2022. - №4 (34). - 62-66

2. Недостатки конвейерного производства — особенности, проблемы, ограничения // treeofbonsai: [сайт]. – 2024. – URL: <https://treeofbonsai.ru> (дата обращения 19.05.25)

3. Недостатки конвейерного производства их особенности, проблемы и ограничения — детальный анализ и рекомендации для оптимизации // 5pet: [сайт]. – 2024. – URL: <https://5pet.ru> (дата обращения 19.05.2024)

4. Will generative AI be good for US workers? // mckinsey: [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения 19.05.25)

5. Будущее сортировочных систем конвейерной ленты в 2025 году и их альтернативы для глобального рынка // clm-group: [сайт]. – 2025. – URL: <https://www.clm-group.ru> (дата обращения 19.05.2025)

6. Р.А. Христолюбов. возможности применения технологий искусственного интеллекта в молочной промышленности. / Р.А. Христолюбов, Ю.Э. Голодков // Перспективы развития, совершенствования автоматизации высокотехнологичных производств (г. Иркутск, 24–26 апреля 2024 г.). – Иркутск, 2024. – стр. 249-252

7. Тимчук Е.Г. Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности / Тимчук Е.Г. // Научные труды Дальрыбвтуза. -2022. - Т. 61, № 3. - С. 21–42.

8. О. З. Загазежева. Возможные последствия внедрения умных производственных систем «Умная фабрика» в период интеллектуализации среды обитания. / О. З. Загазежева, С. Х. Шалова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2023. -№ 6(116) - стр. 329 -344

УДК 658.52.011.56

Морозов А.О., Мишин И.К., Мариненко Н.А.
Научный руководитель: Бобков В.Д., ст. преп.
Национальный исследовательский университет,
г. Зеленоград, Россия

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

«Умная» конвейерная лента — тип конвейерных лент, который применяет в своей работе программные средства, позволяющие более эффективно использовать ресурсы конвейера, а также настраивать ленту на выполнение различного рода аналитических и производственных задач. Конструкция умной конвейерной ленты зависит от нужд конкретного предприятия, однако в большинстве случаев включает сам механизм конвейерной ленты, различные датчики и видеокамеры, а также электронный блок управления конвейером. В роли блока управления может выступать программируемый логический контроллер или одноплатный компьютер.

На текущий момент широко распространены классические ленточные конвейеры, которые хоть и обладают рядом преимуществ, но и не лишены недостатков, которые связаны с *организацией управления производством, человеческим фактором в контроле качества, неэффективным использованием ресурсов и перепланированием при колебаниях рынка [1-3]*. Данный ряд недостатков позволяет решить умная конвейерная лента с применением машинного зрения при поддержке технологии искусственного интеллекта, т.к. нейросеть

способна эффективно управлять процессами на предприятии, умные конвейерные ленты при поддержке технологии машинного зрения решают проблемы сортировки и выявления брака, а также умные конвейеры могут в процессе собирать статистику о количестве произведённой продукции, затраченной на это электроэнергии и времени выполнения операций по производству – эти данные позволят более эффективно распределять ресурсы на предприятии.

Согласно статистике [4, 5], использование искусственного интеллекта на производствах повышает производительность труда, что, в свою очередь, повышает спрос на системы автоматизированные сортировочные системы.

Таким образом, умные конвейерные активно внедряются на современные предприятия и являются следующей ступенью развития систем автоматического производства после классических конвейерных лент.

В виду большой эффективности умных конвейерных лент была предложена идея создания прототипа умной конвейерной ленты, которая с помощью технологии машинного зрения позволяет характеризовать товар на конвейерной ленте и характеризовать его по форм-фактору и наличию дефектов.

Чтобы наглядно продемонстрировать преимущества данного типа производств, целью данного исследования была поставлена разработка прототипа умной конвейерной ленты, работающей при поддержке искусственного интеллекта и технологии машинного зрения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- анализ существующих конвейерных лент;
- создание модели конвейера;
- выбор комплектующих и производство прототипа;
- разработка программного обеспечения и тестирование системы для анализа недостатков и дальнейшей отладки с последующим завершением работ.

В качестве основы была выбрана сортировочная модель конвейера: на ленту будут подаваться тестовые образцы, которые будут распознаваться нейросетью при помощи машинного зрения и сортироваться.

На рис. 1 представлена разработанная модель конвейера:

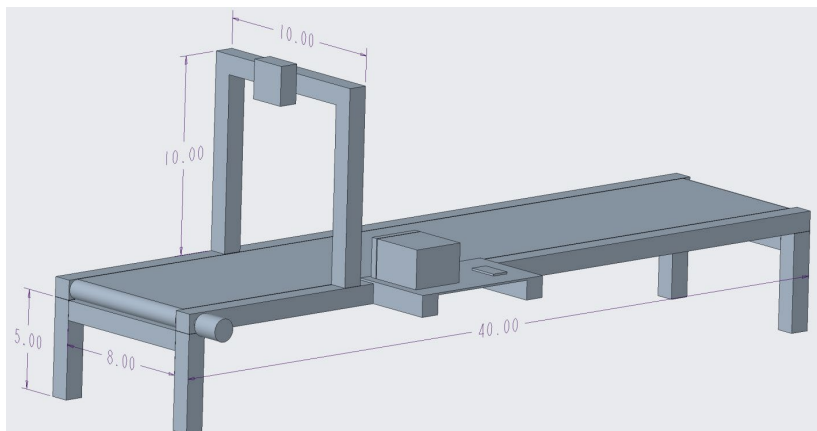


Рис. 1. Модель конвейера

На основе модели был создан прототип (рис. 2). В качестве блока управления был применен одноплатный компьютер Raspberry Pi. В качестве контроллера, управляющего механизмами конвейера, был выбран Arduino UNO, а инструментом для машинного зрения использовалась простая видеокамера CBR CW-832M/

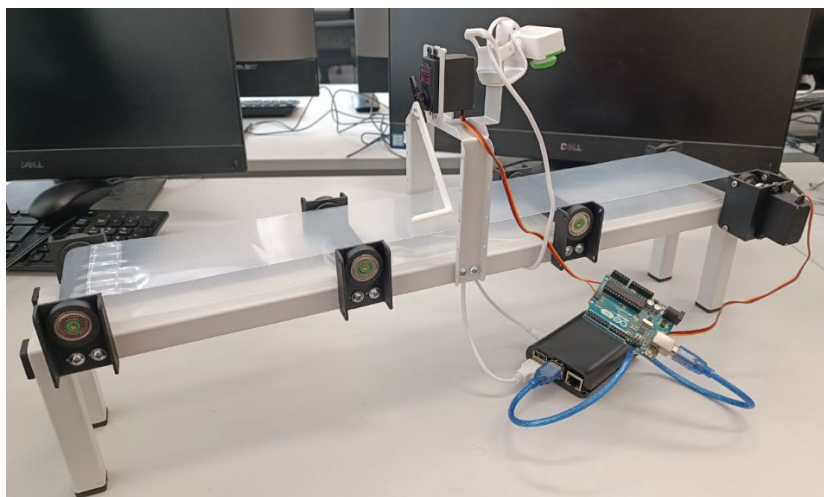


Рис. 2. Прототип умной конвейерной ленты

После производства и сборки прототипа было разработано программное обеспечение конвейера. На языке Python была написана

нейросетевая модель; на С были написаны программы для контроллера Arduino.

Далее было произведено тестирование, по результатам которого были исправлены основные ошибки в логике работы программы, и устройство было полностью доработано

Одной из главных проблем в создании работающего прототипа стал выбор материала для конвейерной ленты. Резинотканевый материал, используемый для промышленных конвейеров, не подходил: мощности приводов конвейера, питаемых от Arduino, не хватало, чтобы обеспечивать её движение. Потому был выбран полиэтилен, поскольку он обладает меньшей жёсткостью и не требует мощных приводов.

По результатам тестирования была выявлена эффективность данного подхода в управлении конвейером: нейросеть с высокой точностью определяла образцы на ленте и также исправно выполняла функции сортировки.

В дальнейшей перспективе планируется адаптировать алгоритмы нейросети для распознавания образцов под иными углами, а также для анализа дефектных образцов с целью проверки контроля качества. Кроме того, перспективно адаптировать нейросеть не только для визуального распознавания, но и для управления логикой контейнера с целью повышения быстродействия и более эффективного использования ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кира Истратова. Что сказал бы Генри Форд? / Кира Истратова // приложение к журналу «Добывающая промышленность». - 2022. - №4 (34). – с. 62-66.

2. Недостатки конвейерного производства — особенности, проблемы, ограничения // treeofbonsai: [сайт]. – 2024. – URL: <https://treeofbonsai.ru> (дата обращения 19.05.25)

3. Недостатки конвейерного производства их особенности, проблемы и ограничения — детальный анализ и рекомендации для оптимизации // 5pet: [сайт]. – 2024. – URL: <https://5pet.ru> (дата обращения 19.05.2024)

4. Will generative AI be good for US workers? // mckinsey: [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения 19.05.25)

5. Будущее сортировочных систем конвейерной ленты в 2025 году и их альтернативы для глобального рынка // clm-group: [сайт]. – 2025. – URL: <https://www.clm-group.ru> (дата обращения 19.05.2025).

Москалев Д.М.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках научной дискуссии о трансформациях в сфере технологического прогресса принципиально важно рассматривать эволюцию новейших методов производства сквозь призму феномена, обычно обозначаемого термином «Индустрия 4.0». Историческая ретроспектива свидетельствует, что в 2011 году президент Всемирного экономического форума в Давосе Клаус Шваб, формулируя основные положения концепции «Индустрии 4.0», уделил особое внимание тектоническим сдвигам в организации промышленного и социального пространства. В работе «Технологии Четвертой промышленной революции» Швабом подчеркивается, что фундаментальные технологические преобразования изменяют принципы обработки информации, режимы взаимодействия субъектов и производственные практики; на передний план выходит проблема определения роли человека в трансформирующемся мире. Он констатирует, что интенсивное внедрение новшеств в нейротехнологиях и биотехнологиях позволяет по-новому осмыслить саму суть человеческой природы [1].

В повседневной действительности наблюдается интеграция таких передовых решений, как искусственный интеллект, робототехника, 3D-печать, интернет вещей, дополненная и виртуальная реальность, а также достижения биологических и нейронаучных исследований — в совокупности они закладывают основу для переформатирования привычных производственных и бытовых структур. Комбинирование наукоемких подходов, трансдисциплинарных знаний и высокотехнологичных ноу-хау, нарабатываемых в ходе междотраслевых опытно-экспериментальных программ, приводит к формированию сложного интеллектуального конгломерата, получившего наименование «новые производственные технологии».

Этот агрегированный комплекс охватывает инновационные процедуры, современные материалы, прогрессивные методы и технологические процессы, посредством которых осуществляется конструирование и изготовление конкурентоспособных изделий, востребованных на глобальном рынке (будь то оборудование,

сборочные единицы, технические системы, приборы и иные промышленные продукты). Развитие новых производственных технологий происходит стремительно — при наличии ярко выраженного потенциала, однако в настоящее время их распространение количественно уступает классическим промышленным технологиям [2].

Внутренняя спецификация новых производственных технологий охватывает несколько ключевых направлений; к числу наиболее значимых субтехнологий относят:

- цифровое инжиниринг-проектирование, использование математических моделей и управляющих форматов для организации полного жизненного цикла промышленного изделия;
- методы «умного» производства, ориентированные на повышение эффективности системных процессов;
- разработки в сфере манипуляционных технологий и механизмов манипулирования.

Для того чтобы российские предприятия могли занимать заметные позиции среди глобальных лидеров в области высокотехнологичных рынков, интеграция и совершенствование данных субтехнологий представляется неотъемлемой предпосылкой. В перечне приоритетных направлений особое значение придается концепции «цифрового двойника», функционирующего в качестве виртуального аналога изделия, процедуры или услуги, предназначенного для проведения обзора, аналитики и оптимизации результативных характеристик объекта. Этот высокотехнологичный инструмент объединяет практически все передовые цифровые и субцифровые решения, выступая связующим звеном инновационной цифровой среды. Применение цифрового двойника рассматривается как ключевой катализатор инновационных скачков и созданию условий для поступательного развития организаций, стремящихся к лидерству в промышленном секторе на международной арене.

Организация производственного цикла в России, по аналогии с общемировой практикой, предполагает многоступенчатую модель движения инноваций: этап зарождения новшества, зачастую воплощаемого в форме технического открытия либо оригинальной производственной методики; переход к фазе внедрения и апробирования; и, в случае достижения заметных улучшений и широкого распространения, — выход на уровень настоящей инновации. Для того чтобы производственные преобразования можно было интерпретировать как подлинную инновацию, они должны не только отображать ориентированность на запросы конечной аудитории, но и

демонстрировать очевидный вклад в рост финансовых результатов компании. Примечательно, что абсолютное большинство подобных проектов не становится инновацией в полном смысле, поскольку именно наличие оригинальности разработки определяет возможность достижения значимой экономической отдачи. Успех инновации становится очевидным в тех случаях, когда соперничающие предприятия оказываются неспособны быстро и эффективно воспроизвести аналогичный продукт либо технологический процесс. Закрепление уникального решения посредством патентования, а также быстрое позиционирование новых товаров на рынке, способствуют не только расширению узнаваемости бренда, но и формируют устойчивый спрос среди потребителей.

Тем не менее, нередко производители, функционирующие на российском рынке, сталкиваются с затруднениями в выведении собственных разработок в коммерческий оборот по причине несоответствия предъявляемым отраслевым стандартам или требованиям рынка. Является очевидным, что реализация инновации требует предварительной детальной проработки перспектив развития и оценки возможных коммерческих рисков, поскольку неудачные попытки внедрения новых продуктов способны повлечь за собой существенные убытки для предприятия. Хотя реализация инновационных инициатив редко приобретает форму кардинальных изменений, даже относительно скромные усовершенствования способны значительно усилить конкурентоспособность компании в условиях рынка. Процессы обновления производственных операций сопровождаются множеством вызовов: нередко выпускаемая продукция теряет свою актуальность, что побуждает организации к регулярному обновлению продуктовой линейки для сохранения стабильного спроса [3].

Экономическая среда стимулирует ускоренное прохождение всех фаз товарного жизненного цикла—от момента выхода на рынок, последующего наращивания продаж, периода зрелости и насыщения, заканчивая неизбежным снижением интереса. Продолжительность этих этапов сокращается под воздействием появления принципиально новых технологических решений, изменчивости запросов целевой аудитории, а также обострения конкурентной борьбы между компаниями. Те хозяйствующие субъекты, которые не придают должного значения постоянному совершенствованию и обновлению ассортимента, вынуждены отказываться от ведущих позиций в пользу более гибких и инновационно активных игроков рынка.

Постоянное перепроектирование портфеля товаров, выполняемое ради повышения эффективности и соответствия быстро меняющимся условиям рынка, становится ключевым фактором устойчивости организаций, однако его результаты не гарантируют долговременного успеха в условиях динамичной конкурентной среды. В тех ситуациях, когда компании сталкиваются с истощением потенциала обновлений и приближением продукции к стадии спада жизненного цикла, стратегическая переориентация на ранее неохваченные категории покупателей приобретает критическую значимость при разработке дальнейших сценариев развития.

Современная рыночная конъюнктура диктует ускоренное внедрение инновационных решений в процесс расширения продуктового ассортимента, что обусловило переход к парадигме «вечного обновления» и закрепило передовые формы рекламы и продвижения в качестве нормы для предприятий разных отраслей. Синергия новаторских производственных технологий, среди которых выделяются методы аддитивного изготовления, глубоко преобразует индустриальные сектора и строительные компании, позволяя радикально уменьшать временные затраты на выполнение заказов, оптимизировать себестоимость и расширять набор потребительских функций конечных изделий.

В архитектурном, а также в инженерном проектировании внедрение цифровых двойников предоставляет возможность на системном уровне предотвращать инженерные просчёты, добиваться рационального использования ресурсов и выстраивать чёткие временные рамки по реализации проектных задач. В индустриальном сегменте эти цифровые инструменты стали точкой сингулярности, спровоцировавшей появление самонастраивающихся высокоинтеллектуальных производственных сред, внутри которых процессы проектирования и имитации новых решений переходят в полностью автоматизированный режим [4].

Сельскохозяйственная сфера применяет инновационный инструментарий с целью интеграции автоматизированных комплексов мониторинга биологических ресурсов, а также систем, позволяющих проводить пространственный анализ свойств земельных участков и разрабатывать наиболее эффективные схемы использования агрохимии. Аналогичные цифровые трансформации реализуются в транспортном секторе, где создаются специализированные интеллектуальные платформы для оптимизации логистических операций, мониторинга состояния парка и совершенствования управленческих процедур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуганова Е.В., Загородний Н.А., Кравченко А.А., Щетинин Н.А. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного транспорта. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 123 с
2. И. Б. Тесленко Д. В. Виноградов, А. М. Губернаторов, В. Е. Крылов, И. Ю. Куликова, Н. В. Муравьева, Н. О. Субботина информационные системы управления производственной компанией / И. Б. Тесленко Д. В. Виноградов, А. М. Губернаторов, В. Е. Крылов, И. Ю. Куликова, Н. В. Муравьева, Н. О. Субботина — . — Владимир: Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2018 — 116 с.
3. Дик, В. В., Мизина, С. Н. Информационный менеджмент / В. В. Дик, С. Н. Мизина — . — Москва: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2007 — 75 с.
4. Руководителю предприятия. Внедрение системы автоматизации, основные проблемы и задачи / [Электронный ресурс] // klerk: [сайт]. — URL: <https://www.klerk.ru> (дата обращения: 19.04.2025).

УДК 621.879

Новоселов А.А.

*Научный руководитель: Четвериков Б.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

В современной практике отечественного строительства остаются актуальными вопросы, связанные с обеспечением безопасности труда и ростом эффективности производственных процессов. По данным Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России), за 2024 год доля аварий, вызванных эксплуатацией строительной техники, составила около 18 % от общего числа происшествий в данной сфере. Этот факт подчёркивает необходимость усиления контроля за состоянием оборудования и соблюдением правил его использования на строительных площадках.

Одним из перспективных путей решения указанных задач является внедрение технологий автоматизации в строительную отрасль. Применение таких решений позволяет уменьшить зависимость от

квалифицированных специалистов, повысить взаимодействие между рабочими и механизмами, а также снизить вероятность травматизма. Использование систем автоматического управления и мониторинга открывает возможность не только безопасной эксплуатации техники, но и повышения общей производительности работ.

Значительное внимание при разработке автоматизированных решений уделяется созданию систем определения местоположения строительной техники. Один из подходов к вычислению координат и ориентации экскаватора в пространстве основан на применении визуальных маркеров и методов компьютерного зрения. Такой способ предусматривает установку специальных меток на конструкции машины и их последующее распознавание с помощью видеокамер. Общая реализация данного подхода включает два этапа: калибровку камеры и вычисление положения объекта в трёхмерном пространстве.

Первым этапом работы системы является калибровка видеокамеры. На данном шаге определяются её внутренние параметры — такие как фокусное расстояние, коэффициенты искажений объектива и положение главной точки изображения, а также внешние параметры, характеризующие расположение устройства в окружающем пространстве. Эти данные играют ключевую роль в корректной интерпретации поступающих изображений и позволяют компенсировать возможные ошибки, возникающие вследствие особенностей оптики и перспективных искажений. Неправильная настройка может привести к значительным неточностям в определении положения техники, поэтому этот этап считается обязательным для достижения высокой точности измерений.

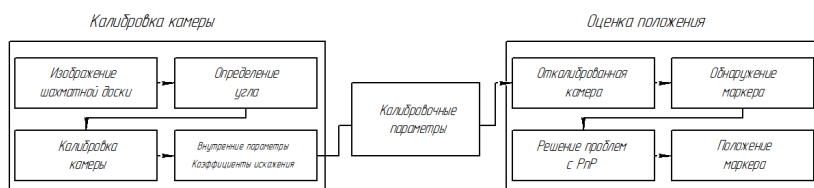


Рис.1 Принципиальная схема определения координат положения ковша одноковшового экскаватора

Среди существующих подходов к маркерному позиционированию технология CALTag демонстрирует высокую устойчивость к окклюзии (частичному или полному закрытию маркера). Данный тип самоидентифицирующихся маркеров обеспечивает надёжное детектирование даже в сложных условиях. Положение и ориентация маркера рассчитываются с использованием алгоритма Perspective-n-

Point (PnP), который позволяет определить позицию камеры по известным трёхмерным координатам маркера и их двумерным проекциям на изображении.

Для обеспечения высокой точности определения местоположения стрелы экскаватора специальный ориентир крепится непосредственно на её теле. Однако при этом требуется соблюдение ряда ключевых требований. Прежде всего, размер такого ориентира должен соответствовать масштабам самой стрелы: слишком мелкий элемент может оказаться плохо различим на удалении, в то время как чересчур крупный — способен затруднить выполнение рабочих операций. Важно также устанавливать метку таким образом, чтобы она находилась в горизонтальной плоскости — это положительно сказывается на чёткости и надёжности её распознавания.

В производственной практике для вычисления координат установленного ориентира используются различные методы обработки видеоизображений. С их помощью можно определить как двумерные позиции объекта в кадре, так и воссоздать его трёхмерное расположение в пространстве, если известны параметры видеосъёмки и конструктивные особенности техники. Одним из проверенных подходов является использование внешней камеры, установленной на устойчивом основании сбоку от экскаватора. Такое размещение оборудования обеспечивает неизменный угол обзора и позволяет эффективно отслеживать все перемещения стрелы в режиме реального времени.



Рис.2 Камера расположена сбоку от экскаватора

Ещё одним вариантом является крепление камеры непосредственно на кабине экскаватора. Это позволяет минимизировать риск потери маркера из поля зрения, поскольку устройство перемещается вместе с техникой. Однако в реальных условиях возможно временное исчезновение маркера из-за перекрытия другими частями конструкции или грунтом. Для повышения надёжности системы целесообразно использовать несколько камер, обеспечивающих наблюдение с разных ракурсов. При такой конфигурации потеря сигнала с одной из камер компенсируется данными других устройств.

Для практической реализации системы определения положения экскаватора была проведена серия экспериментов в контролируемых условиях. В ходе исследований учитывались параметры стрелы экскаватора грузоподъёмностью 5 тонн, средняя ширина которой составляла 300 мм. В качестве маркера был выбран CALTag размером 228×228 мм, обеспечивающий надёжное распознавание на изображении. Съёмка осуществлялась с разрешением 1280×960 пикселей.

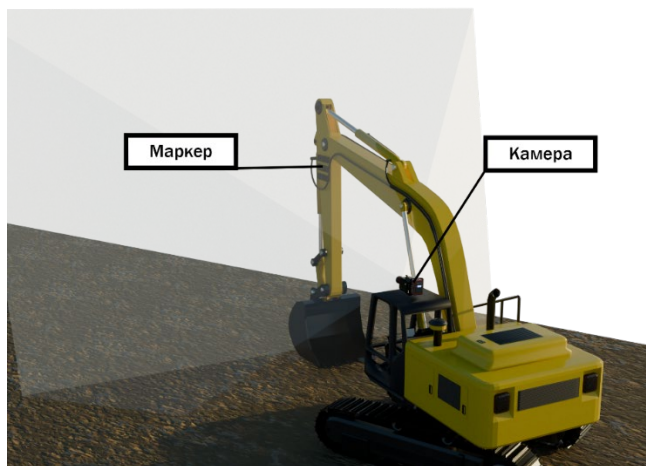


Рис.3 Камера расположена на кабине экскаватора

При угле наклона 0° система обеспечила обнаружение маркера на расстоянии более 11 метров. Однако на предельных расстояниях наблюдалось увеличение абсолютной ошибки, связанное с переходом в область неопределённости. При угле 45° максимальная дальность

обнаружения сократилась до 8 метров, что подчёркивает важность правильной ориентации маркера относительно камеры.

В рамках исследования был разработан метод автоматического определения положения экскаватора с использованием монокулярной системы зрения. Основой подхода стало применение маркера CALTag, отличающегося высокой устойчивостью к частичному перекрытию. Для реализации системы использовалась стандартная камера без дополнительных дорогостоящих модулей.

Была создана измерительная система, дополненная анализом возможных источников погрешностей. Результаты испытаний показали высокую точность работы системы.

Максимальная глубина обнаружения составила более 11 метров, угловая ошибка ориентации не превышала $8,5^\circ$, а точность позиционирования была зафиксирована на уровне 22 мм. Полученные характеристики полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к автоматизированным системам управления строительной техникой, что подтверждает готовность решения к практическому внедрению.

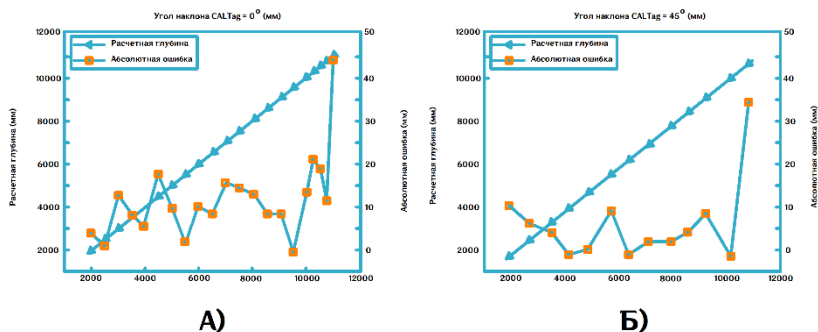


Рис.4 Максимальная глубина обнаружения при определенном угле наклона - (а) - расчетная глубина при угле наклона CALTag = 0° ; (б) - расчетная глубина при угле наклона CALTag = 45° .

Таким образом, представленная система может быть успешно использована для повышения безопасности и эффективности работы строительной техники, особенно в сложных условиях, где требуется высокая точность позиционирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юдин Д. А., Фролов, С. В., Кныш, А. С. Распознавание транспортных средств и регистрация их траектории движения на последовательности изображений / Д. А. Юдин, С. В. Фролов, А. С. Кныш [Текст] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. № 6. – С. 139-148.

2. Табекина Н. А., Четвериков, Б. С., Чепчуров, М. С. Влияние явления дифракции света на точность автоматизированного процесса определения геометрических параметров профиля объектов [Текст] / Н. А. Табекина, Б. С. Четвериков, М. С. Чепчуров — №1. — Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016 — 90-93 с.

3. Шинкаренко А. С. Оценка эффективности применения автоматических систем нивелирования на экскаваторе JCB js 330 при проведении землеройных работ / А. С. Шинкаренко [Текст] // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024. — Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. — С. 358-363.

4. Кабанов В. Н. Моделирование производства земляных работ экскаватором на технологической стоянке (в забое) [Текст] / В. Н. Кабанов // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2024. — № 1. — С. 44-55.

УДК 681.5

Осинин В.А., Кириченко К.В.

Научный руководитель: Гольцов Ю. А., канд. техн. наук, доц.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Контроль за состоянием микроклимата в закрытых помещениях хранения или на производстве важная задача в любой сфере деятельности. От этого зависит как сохранность того или иного продукта производства, так и продуктивность и здоровье всех работников любого заведения. Поддержания необходимых норм микроклимата так же продлевают срок службы различных инструментов и оборудования, оберегает от дополнительных экономических расходов из-за потери качества продукта или выхода из строя техники. Так же на сегодняшний день свою популярность нашла

Для того, чтобы поддерживать микроклимат в помещении в норме требуется регулировать основные параметры среды – это температура и влажность воздуха, а также скорость и направления воздуха. И именно для максимально точного и эффективного контроля за этими параметрами применяются автоматические системы управления [1].

Полноценная автоматизированная система управления микроклиматом – это программно-аппаратный комплекс, позволяющий регулировать скорость приточного воздуха, осуществлять управление клапанами подачи воздуха, изменять температуру и влажность воздуха, регулировать аварийные и внештатные ситуации, вести удаленное управление и мониторинг посредством беспроводных сетей (рис. 1) [2].

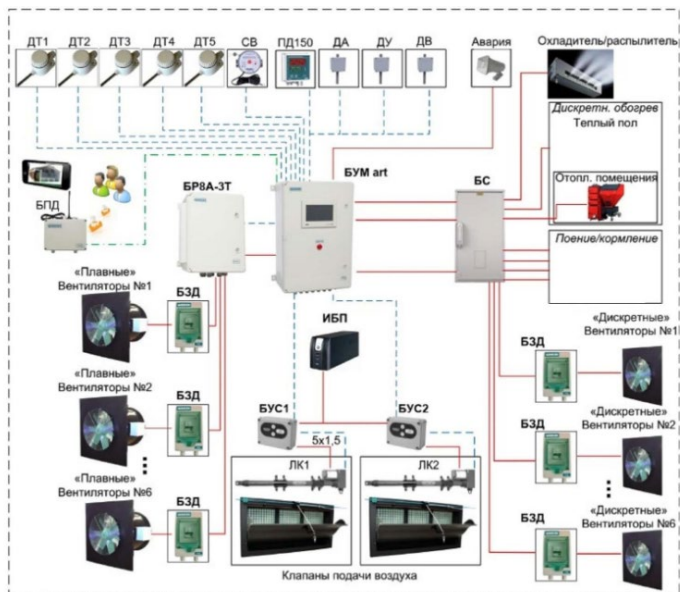


Рис. 1. Пример принципиальной схемы полноценной автоматизированной системы управления микроклиматом

Принцип работы примера следующий: Система управляется блоком БУМ art, который получает сигналы от датчиков температуры, влажности, аммиака и кислорода. При отклонении параметров он через блок расширения БР8А-3Т включает вентиляторы, регулирует воздушные заслонки или через силовой блок запускает отопление или

охлаждение. Параметры работы задаются для поддержания оптимального микроклимата, а сама система может работать в автоматическом режиме (самостоятельный анализ и управление) или в ручном (при отказе оборудования) [3].

Оборудование автоматизированной микроклиматической системы может включать различные компоненты. В систему входят датчики, измеряющие температуру, давление, влажность и концентрацию различных газов. Также используются вентиляторы для обеспечения циркуляции воздуха. Управление всеми процессами осуществляется с помощью программируемого блока управления. Электропитание и коммутация обеспечиваются силовыми шкафами. Для регулирования температуры воздуха применяются системы кондиционирования и калориферы. Кроме того, в состав системы входят воздушные заслонки, с помощью которых регулируется подача свежего воздуха [4].

Но прежде, чем реализовать автоматическую систему управления на практике требуется провести большой пласт работы. Сначала будущую систему необходимо промоделировать, чтобы избежать возможных проблемы на самом старте реализации в реальной среде. Для этого используют различные методы моделирования, которые позволяют точно спрогнозировать поведение системы, оптимизировать её параметры и адаптировать к конкретным условиям [5].

К примеру, математическая модель — это основа для проектирования АСУ. В ней используются дифференциальные уравнения, описывающие физические процессы, балансовые уравнения и расчёт временных характеристик микроклимата при изменении внешних факторов. Она позволяет создать виртуальную модель помещения и понять, как оно будет реагировать на различные управляющие воздействия.

Метод имитационного моделирования позволяет создать цифровую модель объекта управления, чтобы провести оценку поведения системы в нестандартных ситуациях и настроить регуляторы и алгоритмы управления без экспериментов в реальном помещении. Для этого метода используют такие инструменты как MATLAB/Simulink или AnyLogic [6].

Также проводят оптимизационное моделирование для поиска лучших параметров управления для минимизации энергозатрат и обеспечения стабильного микроклимата. Используют методы линейного и нелинейного программирования, машинное обучение.

Прототипирование или физическое моделирование заключается в построение тестовых макетов или лабораторных стендов для проведения испытаний работоспособности системы управления.

Ну а для постоянного мониторинга и аналитики с помощью удаленного управления используются цифровые двойники. Это современный подход, когда создается точная виртуальная копия физического объекта, работающая в режиме реального времени [7].

Для осуществления полноценного управления автоматической системой поддержания микроклимата в реальном времени на производствах используют SCADA-системы — это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для мониторинга, управления и анализа технологических процессов на расстоянии и в реальном времени. Это «мозг» автоматизированных систем, с помощью которого операторы могут видеть, контролировать и управлять оборудованием без физического присутствия на объекте.

SCADA-система включает в себя несколько ключевых компонентов.

Во-первых, интерфейс оператора (HMI) обеспечивает визуальное взаимодействие человека с системой — отображает графики, схемы и позволяет управлять процессами.

Во-вторых, программируемые контроллеры (PLC) выполняют непосредственное управление оборудованием, таким как вентиляторы, заслонки и насосы.

На крупных или распределённых объектах используются удалённые терминалы (RTU) для сбора данных.

SCADA-сервер обрабатывает информацию и управляет работой системы через установленное программное обеспечение.

Связь между всеми компонентами обеспечивается через систему передачи данных, которая может быть проводной (например, Ethernet) или беспроводной (Wi-Fi, GSM и др.).

Визуально SCADA-система — это интерактивный интерфейс — окно программы с мнемосхемой объекта, где видно все оборудование, параметры, анимации состояния устройств, а также графики и панель управления с кнопками для запуска и остановки оборудования.

Значение SCADA-системы на производстве очень высоко. Она позволяет мониторить параметры микроклимата с датчиков в реальном времени, централизовать управление, собирать данные и исполнять алгоритмы и сценарии работы системы, которые нужно в данный момент [8].

И то, без чего невозможно обойтись при проектировании автоматической системы управления это реализация законов управления. Это математические правила, по которым система определяет управляющее воздействие в зависимости от измеряемых параметров. Примером таковых являются ПИД-регулирование, смысл

которого заключается в формировании управляющего воздействия на основе текущей ошибки, накопленной ошибки и скорости её изменения.

Или закон нечёткого управления основанный на логике приближённых значений, а не точных чисел. Вместо "температура = 24 °C", система оперирует понятиями типа "высокая температура", "умеренная влажность", "немного выше нормы" и тому подобных.

Таким образом данное описание того, как работает и на чем основывается суть автоматических систем управления позволяет чётко понять значение и необходимость данных систем для поддержания микроклимата. И неважно в каких условиях это необходимо осуществить автоматическая система управления способно максимально эффективно поддерживать и регулировать нужные параметры среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления – С-П.: Профессия, 2004. – с. 214-216.

2. Байков А.С., Белик А.А., Воркутов А.С., Акимов Д.И. Современные способы автоматического регулирования микроклимата на сельскохозяйственных объектах // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию юбилею начала освоения целинных и залежных земель в Оренбургской области. -отв. ред. Ю.А. Ушаков. – Москва: «Издательство Перо», 2024. – с. 510-513.

3. Ким Д. П. Теория Автоматического Управления. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – с. 90-92.

4. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.

5. Рубанов В.Г., Бушуев Д.А., Бажанов А.Г., Ващенко Р.А. Проектирование робототехнических систем и комплексов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 190 с.

6. Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. Элементы систем автоматического управления и контроля: учебное пособие / Издательство «Вища школа», 1991. – 461 с.

7. Рубанов, В. Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем). Часть 1 / В. Г. Рубанов. – Белгород: БГТУ, 2009. – 199с.

8. Нестеров, С. А. Адаптивные системы управления: Конспект лекций / С. А. Нестеров – СПб: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005. – 90 с.

УДК 53.087.45:681.78

Патокин И.В., Сатаев А.А.

***Научный руководитель: Сатаев А.А., канд. техн. наук, доц.
Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия***

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Газосодержание в жидких средах — один из ключевых параметров, влияющих на эффективность и безопасность различных технических систем, в том числе в энергетике, гидравлике и теплообмене. Повышенное содержание газа в жидкости может вызывать кавитацию, снижение эффективности теплоотдачи и ускоренный износ элементов оборудования. Современные методы измерения газосодержания часто предполагают использование сложных, дорогих или инвазивных приборов. Поэтому актуальна разработка простой, доступной и неинвазивной экспериментальной системы, основанной на оптических принципах.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка лабораторной установки для регистрации изменений оптических характеристик среды при варьировании газосодержания, а также формирование набора экспериментальных данных для последующего применения в системах предсказательного анализа.

Основные задачи:

- Разработка конструкции измерительной ячейки;
- Подключение и настройка пяти фоторезисторов;
- Добавление расходомера и калибровка его показаний;
- Реализация программной части на Arduino и Python;
- Проведение серии экспериментов и сбор данных для последующей обработки.

Методика проведения эксперимента

Экспериментальная установка включает:

- **Монохроматический зелёный лазер**, длина волны 500–560 нм;

- **Участок трубопровода** из прозрачного материала, через которую проходит луч лазера;

- **Пять фоторезисторов**, размещённых на противоположной от лазера стороне в форме «плюса»: один в центре, четыре по горизонтали и вертикали;

- **Расходомер**, фиксирующий объёмный расход жидкости в трубке;

- **Расходомер**, фиксирующий объёмный расход газа, подаваемого в трубопровод;

- **Микроконтроллер Arduino Nano**, на который поступают сигналы от всех датчиков;

- **Персональный компьютер**, на котором выполняется скрипт на Python для приёма и записи данных.

Газ подаётся в жидкость с помощью внешней системы и визуально проявляется в виде пузырьков. По мере изменения газосодержания в трубке происходят изменения интенсивности света, регистрируемые фоторезисторами. Одновременно измеряется и поток жидкости.

Математическая модель и подход

Точная математическая модель среды в рамках данной работы не формируется. Вместо этого предполагается эмпирически выявить зависимость между уровнем газа и сигналами с фоторезисторов и расходомера. В дальнейшем на этих данных будет обучена нейросетевая модель, способная производить оценку уровня газосодержания по входным параметрам.

Зависимость между переменными формализуется как:

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l} \quad (1)$$

где $I(l)$ – интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной l , I_0 – интенсивность света на входе в вещество, k_λ – показатель поглощения.

Зная значения расходов обеих фаз определяется расходное газосодержание:

$$\beta = \frac{V_g}{V_g + V_l} \quad (2)$$

где V_g – объёмный расход газа ($\text{м}^3/\text{с}$), V_l – объёмный расход жидкости ($\text{м}^3/\text{с}$).

Структура и формат данных

На выходе формируется таблица с такими колонками:

- временная метка;
- сигналы с пяти фоторезисторов (в условных единицах);
- значение расхода жидкости;

- значение расхода газа.

Данные записываются в файл CSV, обрабатываются скриптом Python и визуализируются с целью анализа стабильности показаний и подготовки обучающей выборки.

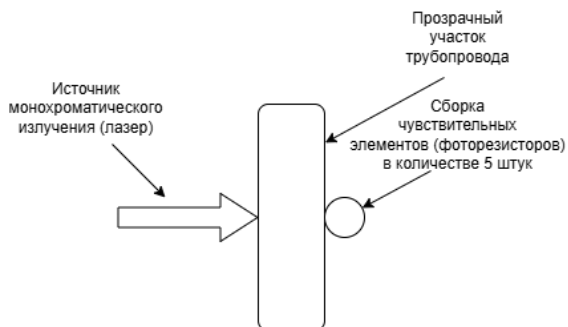


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

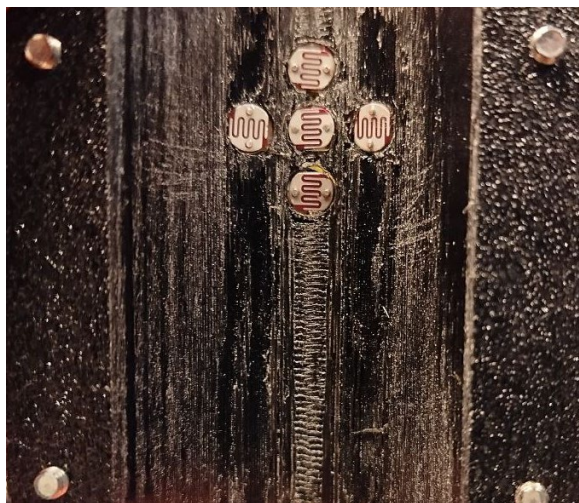


Рис. 2. Фото чувствительного элемента: сборка из пяти фоторезисторов.

Текущий статус проекта

На момент подготовки тезисов собрана и протестирована основная часть установки. Реализована система сбора данных: сигналы с фоторезисторов и расходомера корректно поступают на микроконтроллер. Подготовлен скрипт Python для записи данных в

таблицу. Проведение экспериментальной серии запланировано на ближайшее время.

В работе представлен подход к регистрации газосодержания жидкости с использованием доступных компонентов и оптического метода. Методика направлена на сбор эмпирических данных и их последующий интеллектуальный анализ. Установка может использоваться как учебная, исследовательская или предсерийная в рамках более крупной системы диагностики технологических процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ландсберг Г. С. Оптика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1976. — 736 с.
2. Мамаев В. А., Одишария Г. Э., Семенов Н. И., Точигин А. А. Гидродинамика газожидкостных смесей в трубах. — М.: Недра, 1969. — 208 с.
3. Нелепец А. В., Тарлыков В. А. Применение лазеров в измерительных устройствах: учеб. пособие. — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. — 160 с.
4. Белоусов А. П. Оптические системы локальной и полевой диагностики газожидкостных потоков // Вестник НГТУ. — 2019. — № 2 (123). — С. 45–52.

УДК 621.384:629.78

Подорожко А.Е.

***Научный руководитель: Бушуев Д.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

АКТИВНАЯ СИСТЕМА ПО ПОИСКУ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В последнее время технологии стремительно развиваются, открывая новые возможности для создания эффективных и высокоточных систем мониторинга окружающей среды с целью решения различных задач. Одним из таких решений является использование мобильных платформ, будь то мобильная платформа на колесах или различные виды летательных аппаратов, которые могут выполнять различные задачи, включая поиск и анализ источников тепла. Системы такого типа становятся крайне полезными в самых

разных областях. Важно, что для таких задач необходимы высокоточные датчики, способные быстро и без потери точности измерять температуру в самых разных условиях.

Использование такой системы в сочетании с современными высокоточными датчиками открывает множество перспектив для различных практических применений. Например, система может быть использована для обнаружения утечек тепла в зданиях, что способствует повышению энергоэффективности, или для мониторинга тепловых аномалий в промышленных и технологических процессах, что позволяет предотвратить возможные неисправности и аварийные ситуации. Также такая система может применяться для мониторинга состояния электрических систем и обнаружения перегрева проводки, что помогает избежать коротких замыканий и других проблем.

Кроме того, стоит отметить, что одним из ключевых преимуществ использования бесконтактных датчиков, является возможность работы без физического контакта с объектами. Это особенно важно, если необходимо провести обследование в опасных или труднодоступных местах, где контакт с объектом может быть затруднён или даже невозможен. Таким образом, инфракрасный датчик обеспечивает высокую безопасность и эффективность процесса поиска.

В рамках исследования поставлена задача разработки систем поиска источника ИК-излучения, с целью дальнейшей интеграции в мобильную платформу.

В качестве инфракрасного датчика будет использоваться MLX90614. В отличие от большинства температурных датчиков, этот датчик измеряет инфракрасное излучение от удаленных объектов, поэтому он может определять температуру без того, чтобы физически прикасаться к ним. Достаточно направить датчик на объект, и он будет измерять температуру за счет ИК-излучения. Поскольку датчик не касается объекта измерения, он может измерять в более широком диапазоне температур, чем большинство цифровых датчиков: от -70°C до $+380^{\circ}\text{C}$, интерфейс I2C. Угол обзора датчика 90 градусов, поэтому он может быть полезен для определения средней температуры площади.

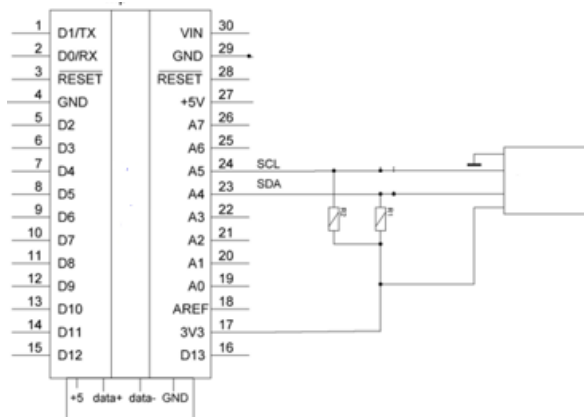


Рис. 1. Схема подключения датчика к Arduino nano

Для корректной работы шины I2C необходимы подтягивающие резисторы (обычно 4.7кОм), подключенные между линиями SDA и VDD, а также SCL и VDD, если они не встроены в плату. Подтягивающие резисторы обеспечивают стабильный высокий уровень сигнала в отсутствие передачи данных, предотвращая неопределенное состояние линий, что критично для протокола I2C, работающего по принципу открытого коллектора. Это позволяет избежать ошибок передачи данных и обеспечивает совместимость с несколькими устройствами на шине. [1].

Так как наш источник излучения может находиться на разном удалении от датчика, нужно реализовать алгоритм его поиска. Так как наша система должна направлена на поиск максимума температуры, то она является экстремальной.

Если объект управления эволюционирует, т. е. его свойства изменяются во времени, то однократная оптимизация не может решить задачи экстремального управления. Необходимо еще организовать процесс слежения за экстремальной целью, в нашем случае это температура. Процессы экстремального управления, решающие эту задачу, обычно называются процессами экстремального регулирования.[2]

После снятия показаний датчика на различном расстоянии от удаления от источника ИК-излучения воспользуемся пакетом MATLAB Simulink. Используем блок 2D Lookup Table для визуализации температурного поля (рис. 2.).

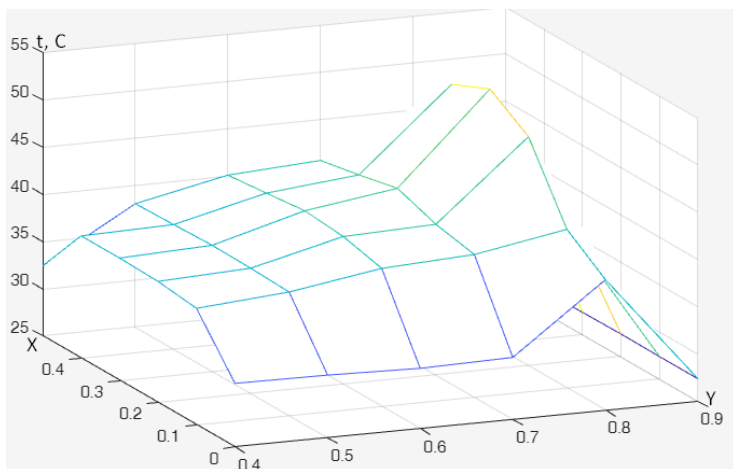


Рис. 2. Визуализация температурного поля

Исходя из данных графика, можно сказать, что максимальный пик температуры является 52 °С. Необходимо создать экстремальный регулятор в пакете MATLAB Simulink для нахождения этого значения. Экстремальный регулятор представляет собой устройство или алгоритм управления, предназначенный для поддержания системы в состоянии, близком к оптимальному (экстремальному) значению заданного показателя качества, такого как максимум или минимум целевой функции, при изменяющихся внешних условиях или возмущениях.[3]

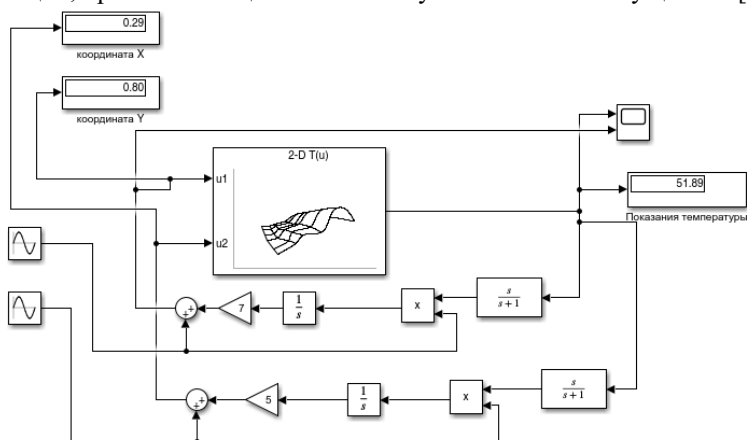


Рис. 3. Экстремальный регулятор

В приведенной схеме (рис .2) можно увидеть показания температуры после использования регулятора. Полученное значение с минимальной погрешностью соответствует значению, полученному в ходе проведения эксперимента. Можно сделать вывод о том, что регулятор спроектирован верно и работает корректно.

Рассмотренная система поиска ИК-излучения демонстрирует эффективную работоспособность и позволяет интегрировать её на любую мобильную платформу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Характеристики датчика MLX90614 [Электронный ресурс] URL:<https://www.mini-tech.com> (дата обращения: 11.05.2025)
2. Либерзон Л.М., Родов А.Б. Системы экстремального регулирования. Москва: Изд-во ЭНЕРГИЯ, 1965. – 44 с.
3. Рубанов В.Г., Бушуев Д.А. Методы автоматической балансировки агрегатов с эксплуатационным дисбалансом – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 150 с. ISBN 978-5-361-00544-4

УДК666.9.03

Саблин А.О.

Научный руководитель: Коновалов В.М. канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА И МИНЕРАЛИЗАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящий момент ведется интенсивная работа по совершенствованию характеристик существующих цементных материалов и разработке инновационных, более эффективных и высококачественных альтернатив. При этом особое внимание уделяется достижению максимальной экономической выгоды за счет минимизации энергозатрат. [1].

В ходе данного исследования основное внимание уделялось комплексному анализу возможности использования металлургического шлака одновременно в качестве одного из исходных компонентов сырьевой смеси при изготовлении портландцементного клинкера, а также как значимого ингредиента самого портландцемента. Наряду с этим, отдельный акцент был сделан на изучении влияния добавления

минерализаторов в состав сырья. Целью такого подхода являлась оценка целесообразности и эффективности их применения в технологическом процессе.

Для реализации поставленных задач были отобраны и использованы различные исходные материалы, в частности известняк, полученный из михайловского месторождения, глина производства компании Серебряковцемент, а также огарки, поставляемые из Тулы. В качестве дополнительного компонента был введён череповецкий металлургический шлак, а для корректировки состава — кварцевый песок. Минерализующее действие в данном эксперименте обеспечивал плавиковый шпат, который добавлялся к сырьевой смеси в пропорции 1% от её массы.

В качестве контрольного образца и основного вещества для приготовления вяжущих материалов использовался цемент марки ЦЕМ 0 52,5Н, произведённый ЗАО «Осколцемент», обладающий удельной поверхностью 353 квадратных метра на килограмм. Сведения о химическом составе применённых материалов приведены в первой таблице.

Таблица 1. Химический состав сырьевых компонентов, %

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	Прочие
Известняк	0,83	0,34	0,02	55,15	0,00	0,00	0,00	43,8	0,00
Глина	55,72	13,89	5,87	6,69	2,23	1,98	3,22	14,49	0,00
Огарки	4,66	1,32	69,92	17,21	1,37	0,83	0,37	10,59	0,00
Шлак	40,8	11,72	0,50	33,60	10,24	0,80	0,68	1,45	0,80
Песок	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Цемент	19,46	5,85	3,68	63,85	1,49	0,15	2,74	1,61	0,53

Известняк характеризуется преимущественным содержанием минералов кальцита и кварца, что определяет его основную структуру. В отличие от него, глинистые материалы обладают высоким содержанием кварца и каолинита, однако в них также встречаются незначительные количества кальцита в виде примесей. Шлаковые материалы представлены фазами кристаллизованного кварца и кальцита.

Проведя анализ вышеизложенных компонентов разработана смесь для обжига клинкера с такими модульными характеристиками (КН=0,92, n=2,2 и p=1,3)[2], представленные в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав разработанных смесей, %

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	Прочие
Контрольная смесь, %									
Состав см.	14,14	3,51	2,92	43,24	0,03	0,04	0,37	35,60	0,14
Состав кл.	21,96	5,45	4,53	67,14	0,05	0,06	0,57	-	0,22
Экспериментальная смесь №1, %									
Состав см.	14,94	3,84	2,94	45,80	3,17	0,27	0,22	28,57	0,24
Состав кл.	20,92	5,38	4,12	64,12	4,44	0,38	0,31	-	0,34

Экспериментальная смесь №2 по химическому составу не отличается от 1 смеси, за исключением добавления минерализатора в кол-ве 1% от массы сырьевой смеси.

Хотя представленные составы между собой довольно схожи, наблюдается отличие в QTЭК на 634 кДж/кг (QTЭК контр. = 1821 кДж/кг, QTЭК эксп. = 1187 кДж/кг).

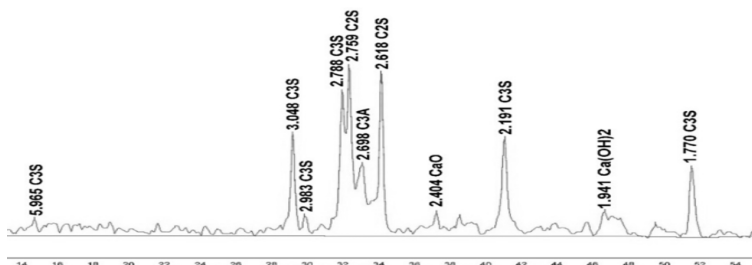


Рис. 1 Фазовый состав контрольного клинкера при T=1450°

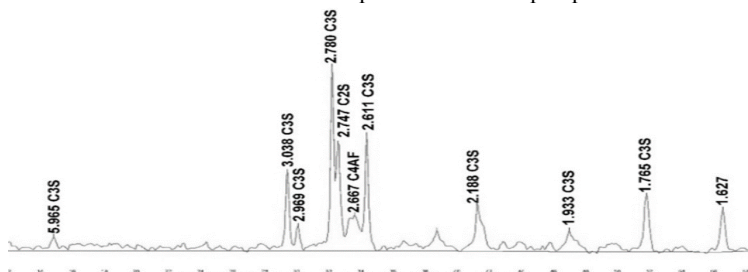


Рис. 2 Фазовый состав экспериментального клинкера №1 при T=1450°

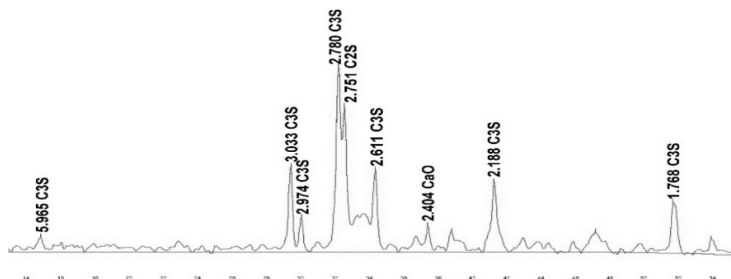


Рис. 3 Фазовый состав экспериментального клинкера №2 при $T=1450^{\circ}$

На иллюстрациях, обозначенных как 1, 2 и 3, отображается фазовый состав клинкеров, полученных в ходе эксперимента: сначала исследован исходный контрольный образец, затем клинкер с введением шлака, а также материал, в который были добавлены как шлак, так и минерализатор. Анализ результатов высокотемпературного синтеза позволил установить, что минералогический состав клинкеров варьируется в зависимости от внесённых компонентов.

Сравнение полученных данных показало, что в контрольном клинкере преобладает алюминатная составляющая, что отличает его от образцов, модифицированных добавками. Введение шлака и минерализатора приводит к заметному изменению фазового состава, что наглядно демонстрируют представленные изображения. Таким образом, эксперимент подтвердил, что добавки оказывают влияние на формирование минеральных фаз в структуре клинкера. ($d=2.698\text{-C}_3\text{A}$; $d=2.667\text{-C}_4\text{AF}$).

Таблица 3. Прочность при сжатии.

Образцы	2 сутки	7 сутки
Контр.обр.	36 МПа	65 МПа
Эксп. Смесь №1(шлак)	39 МПа	64 МПа
Эксп. Смесь №2(шлак+флюорит)	42 МПа	66 МПа

Показатели прочности смеси с добавлением шлака и минерализатора показывают немного лучшие результаты на 2 сутки. Это можно объяснить тем, что добавление минерализатора снижает вязкость жидкой фазы массы, что способствует более равномерному смешиванию компонентов и может улучшить качество клинкера.

Доменные шлаки обладают свойством гидратации, что означает их способность затвердевать в присутствии воды. Данное свойство используется в производстве цементов и других вяжущих материалов на основе шлаков.

Учитывая, что шлак представляет собой компонент, который сложно измельчить, разумно на основе предыдущих исследований осуществлять раздельный помол шлака и цемента с последующим их смешиванием. В связи с этим было проведено исследование кинетики измельчения шлака в шаровой мельнице.

Измельченный шлак в объеме 15% смешивался с портландцементом ЗАО «Осколцемент» в соответствии с ГОСТ 31108-2020 до достижения однородной массы с удельной поверхностью 221 м²/кг, 307 м²/кг и 399 м²/кг. Для анализа влияния тонкости помола шлака на конечные характеристики полученных цементов результаты нормальной густоты, времени схватывания и прочности были представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 Сроки схватывания и нормальная густота.

Контрольный образец (353 м ² /кг)		Цемент/шлак, 15%		
		221 м ² /кг	306 м ² /кг	399 м ² /кг
Кол-во воды для затворения	35%	34,5%	34,1%	33,5%
Начало схватывания	47 мин.	58 минуты	54 минуты	45 минут
Конец схватывания	100 мин.	120 минут	112 минут	96 минут

Таблица 6. Прочность при изгибе и сжатии

Образцы	2 сутки	7 сутки
221 м ² /кг	32 МПа	43 МПа
306 м ² /кг	39 МПа	48 МПа
399 м ² /кг	48 МПа	60 МПа
Контр.обр.	49 МПа	67 МПа

Цемент, содержащий добавку шлака, нуждается в меньшем количестве воды для затворения. Образцы с низкой удельной

поверхностью шлака затвердевают медленнее по сравнению с контрольными образцами. Что касается прочностных характеристик, цемент с добавкой шлака демонстрирует меньшую прочность по сравнению с контрольными образцами на 2 и 7 сутки. Однако тонкомолотый шлак позволяет приблизить прочность смешанного цемента к контрольному при добавлении 15% шлака.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутт Химическая технология вяжущих материалов. Учебник для вузов / Бутт Ю.М Сычев М.М., Тимашев // Под редакцией Тимашева В.В. – М.: Высш. школа,-1980. – 472 с.
2. Классен Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб.пособие. / В.К. Классен. // Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.
3. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов: В 2 ч. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – Ч.1. – 240 с.
4. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1972. – 240 с.

УДК 004.93

Савельев А.А.

Научный руководитель: Степовой А.А., ст. преп.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОИСКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Задача автоматизированного контроля поверхности материалов становится особенно актуальной в условиях увеличения скорости производства и повышения требований к качеству продукции [1]. Чтобы снизить количество производственных браков, гарантировать стабильность технологических процессов и сократить расходы, необходимо выявлять дефекты рулонных и листовых материалов. Несмотря на широкое распространение систем контроля на основе искусственного интеллекта, они часто требуют больших вычислительных мощностей, большого количества данных для обучения и не всегда просты для понимания. В данной работе мы предлагаем альтернативную стратегию, которая позволяет отказаться

от нейронных сетей и реализовать простую, надёжную и быструю систему, построенную на традиционных методах анализа изображений.

Многочисленные методы выявления поверхностных дефектов в материале подробно освещены как в отечественных, так и в зарубежных литературных источниках. Наиболее популярными на данный момент являются:

- 1) оптические методы контроля анализа изображения;
- 2) ультразвуковые методы для выявления внутренних дефектов;
- 3) магнитные методы для металлических материалов;
- 4) вихревые методы для проводящих материалов.

Поскольку этот метод является наиболее общим, не требует контакта с материалом и обеспечивает высокую скорость обработки данных, для данного исследования был выбран оптический метод [2]. Для его реализации необходимы высокоскоростная камера, система освещения и алгоритмы обработки изображений.

Разработка системы для выявления поверхностных дефектов листовых материалов включает в себя несколько обязательных шагов для достижения требуемого результата. Рассмотрим наиболее важные аспекты решения поставленной задачи.

В принципе, работу системы можно разделить на две части: аппаратная часть, которая включает в себя реализацию макета учебного стенда и программная часть, которая позволяет полезность всего комплекса.

На первом этапе был создан учебный демонстрационный стенд, который имитирует производственный конвейер. Механической основой служила конвейерная лента с электродвигателем. Он управляется частотным преобразователем, работающим от обычного источника питания 220 В. Для съёмки в реальном времени камера машинного зрения (MV-CU020-19GC), оснащённая объективом (MVL-KF0814M), располагалась над лентой на П-образном каркасе. Для обеспечения стабильной съёмки на раме была установлена система светодиодного освещения. Когда камера работает в потоковом режиме, для передачи данных используется Ethernet-соединение. Коммутатор (ZYXEL GS1900), облегчающий сетевые соединения между устройствами, организует подключение к рабочей станции (PC). Наглядное представление всей аппаратной части стенда приведено в виде структурной схемы (рис. 1).

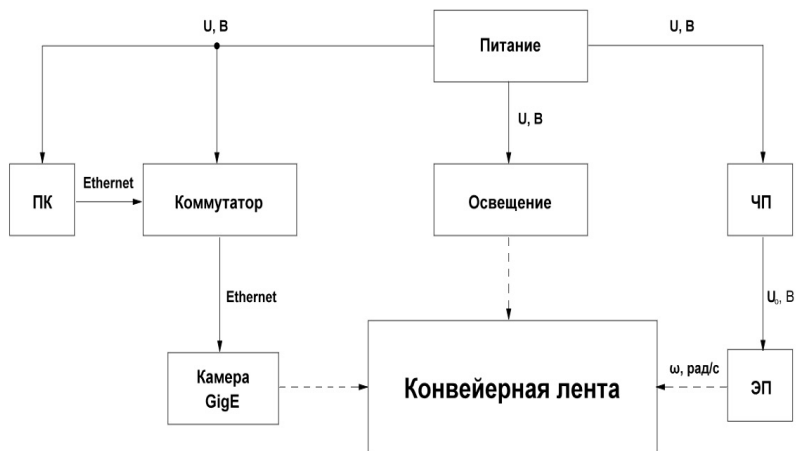


Рис. 1. Структурная схема системы

Отдельно был спроектирован кейс с крышкой для камеры в среде SketchUp и изготовлен на 3D-принтере. Таким образом, был реализован учебный демонстрационный стенд, имитирующий производственный конвейер (рис. 2).



Рис. 2. Реализация учебного стенда с подключённой камерой

На втором этапе было создано консольное приложение, реализующее подключение к камере по протоколу GigE, захват кадров (в разрешении 1920×1080), настройку параметров съёмки, обработку изображений и их сохранение. Весь процесс работы можно представить в виде структурной схемы (рис. 3).



Рис. 3. Структура работы программной части

Захват выполняется асинхронно через специальные функции, что позволяет достичь высокой скорости обработки без потери информации (изображение захватывается и сохраняется в разрешении 920×1080). Обработка изображений осуществляется с помощью классических вычислений и алгоритмов машинного зрения. Они основаны на методе деления изображения на сектора, то есть каждый захваченный кадр разбивается на равномерную сетку (по умолчанию она 16×32 , но диапазон может быть изменён пользователем). В каждом сегменте анализируются цветовые характеристики: яркость, средняя интенсивность пикселей, а также подсчитывается количество белых пикселей, характерных для областей с дефектами. Для более точного выделения зон с резкими перепадами яркости используется алгоритм детектора границ. Для определения заготовки в поле зрения камеры реализуется метод анализа различий между текущим изображением и эталонной основой. Если характеристики изменений свидетельствуют о появлении нового материала, то принимается решение о начале анализа изображения.

На основе этой информации оценивается уровень дефектности каждого сектора. Если количество белых пикселей превышает значение базового порога, умноженное на 1,5 (то есть более 300 пикселей при базовом пороге 200), то сектор является дефектным и окрашивается в красный цвет, что указывает на зону со значительным дефектом. Если количество белых пикселей меньше значения базового порога, умноженного на 0,5 (то есть меньше 100 пикселей при базовом пороге 200), то сектор окрашивается в зелёный цвет, указывая на отсутствие дефектов. Сектор окрашивается в оранжевый цвет, чтобы показать потенциальные отклонения, если количество белых пикселей попадает между этими двумя диапазонами (то есть от 100 до 300 пикселей при

базовом пороге 200). Программа присваивает секторам с отклонениями буквенные обозначения, чтобы улучшить восприятие. Буква «М» означает средний дефект (Medium) для оранжевых секторов, а буква «S» говорит о том, что сильный дефект (Strong) для красных ячеек. Таким образом, состояние поверхности материала отображается визуально пользователю (рис. 4).



Рис. 4. Определение дефектных зон у заготовки

Когда процент цветных секторов превышает установленный порог (по умолчанию 30%, но он может быть скорректирован), система классификации изображений является дефектным. По окончании анализа текущей заготовки в консоли выводится текстовый вывод, в котором отражается информация о том, сколько всего было захвачено кадров, средний процент повреждений на основании всех изображений и является ли материал с браком или нет.

Разработанная система протестирована в лабораторных условиях. Шлифовальная бумага, обычная бумага, цветной картон и другие образцы, которые имитировали реальную поверхность с дефектами, использовались в ряде исследований. Программа показала высокую устойчивость к изменениям освещённости, успешно обнаруживая изменения оттенка и яркости. Высокая интерпретируемость является одним из основных преимуществ. Система выводит краткий итог для каждого обработанного материала и автоматически создаёт и сохраняет кадры в отдельные директории для обнаруженных заготовок.

Поэтому в соответствии с поставленной задачей был создан аппаратный комплекс и учебное программное обеспечение, способное захватывать и анализировать кадры поверхности материалов. Стенд может быть использован как в образовательных целях для изучения систем технического зрения, так и является частью создания промышленных решений для контроля качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ващенко Р. А. Разработка алгоритма поиска дефектов шлифовальной бумаги с применением системы технического зрения / Р. А. Ващенко, А. А. Степовой // Математические методы в технологиях и технике. – 2022. – № 12-1. – С. 47-50.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1072 с.
3. Гончаренко, В. И. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах / В. И. Гончаренко. – Москва: Изд-во МГУ, 2020. – 320 с.
4. Пряхина Л. В. Системы технического и компьютерного зрения, их применение в различных отраслях. – Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 73 с.
5. HIKROBOT Service Support [Электронный ресурс] – URL: <https://www.hikrobotics.com> (дата обращения: 02.03.2025).
6. SketchUp Help Center [Электронный ресурс] – URL: <https://help.sketchup.com> (дата обращения: 06.03.2025).

УДК: 656.7.022.1

Сафонова А.В.

*Научный руководитель: Степаненко А.С., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный технический университет гражданской
авиации, г. Москва, Россия*

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

В условиях глобальной переориентации национальной экономики особое внимание заслуживает сегмент логистики и транспорта в целом.

С 2022 года в России на смену тесных экономических и торговых отношений с «глобальным Западом» директивным направлением развития экономических связей стали Восток и Юг. Ранее ориентированные транспортные мощности регионов России в основном были сформированы согласно объемам экспорта и импорта, обусловленного перевозками пассажиров и грузов из/в страны Европы и США. Теперь же основной потенциал развития экономических связей составляет Индия, Иран, Китай. При этом нагрузка на транспортные мощности страны требует перераспределения нагрузки с Северо-Западных и Западных регионов на Южные и Юго-Восточные.

Так мобилизация экономики транспорта позволила принять необходимые меры для приведения пропускных способностей автомобильных дорог, морских портов, сети железнодорожного сообщения в соответствие заданным условиям. Все эти мероприятия объединены под эгидой транспортно-логистических коридоров по трём направлениям: Восточное, Южное и Центральное (международный транспортно-логистический коридор «Север-Юг», маршрут «Россия») [1]. При этом воздушный транспорт остался без внимания и его развитие в виду иного характера основных проблем.

Удаленные от аэропортов и штаб-квартир авиакомпаний авиаремонтные предприятия и ангары не позволяют оперативно принимать решения и обслуживать воздушные суда без дополнительных временных издержек.

Необходимо отметить, что согласно данным Росавиации на конец 2023 года, порядка 90% парков ВС составляют самолёты иностранного производства.

Таким образом, возникает научная задача – оптимальное размещение всего комплекса предприятий авиатранспортной системы.

При этом необходимо отметить, что в рамках международной повестки (формирование международной маршрутной сети) зависит от обстоятельств, влияние на которых не представляется возможным.

Таким образом, для решения научной задачи необходимо сосредоточиться исключительно на внутреннем сегменте.

В рамках внутреннего развития перевозок воздушным транспортом элементами сети воздушного транспорта страны являются региональные авиатранспортные системы [7,9].

Итак, региональной авиатранспортной системой является комплекс предприятий, основная деятельность которых направлена на производство полетов и организацию перевозок в/из региона (субъекта Российской Федерации). Данный комплекс включает в себя предприятия, которые выполняют функции:

- по перевозке грузов и пассажиров, и эксплуатации парка ВС (авиакомпаний);
- по подготовке и обеспечению взлетно-посадочных операции, а также наземному обслуживанию грузов и пассажиров (аэропорты);
- по созданию, техническому обслуживанию парка ВС и поставке комплектующих и запчастей для воздушных судов (авиаремонтные предприятия и заводы).

Для дальнейшего исследования представляется целесообразным рассмотреть особенности размещения предприятий региональных

авиатранспортных систем по макрорегионам страны – федеральным округам.

Исходя из утвержденной Правительством Российской Федерации Транспортной стратегии [2], опорная сеть воздушного транспорта насчитывает 199 аэропортов, из них 92 аэропорта - федерального значения, а ещё 107 аэропортов – необходимы в целях обеспечения транспортной доступности для населения регионов.

Размещение аэропортов федерального значения обусловлено активностью и обеспечением спроса населения и экономики в административных и экономических центрах роста в регионах. Примерами таких аэропортов могут стать как аэропорты Московского авиационного узла (Домодедово, Шереметьево, Внуково), так и других крупных «городов-миллионников» (Новосибирск, Казань, Санкт-Петербург, Иркутск и тд).

Местность, в которой располагаются остальные 107 аэропортов может быть обусловлена близостью крупного федерального предприятия, для которого необходимо обеспечение транспортной доступности, например, пос. Мирный (Республика Саха, Якутия, Дальневосточный федеральный округ).

Также размещение дополнительных аэропортов в регионе может быть обусловлена рекреационными ресурсами региона, например, аэропорт в г. Минеральные Воды (близость санаторно-курортной зоны и обеспечение потребностей региона в области туризма).

Расположение авиакомпаний определяется исходя из целей привлечения дополнительных клиентов и увеличения продаж. Так, крупные авиакомпании размещают свое управленческое звено, как правило, на центральных или проходных улицах и площадях городов.

При этом размещённые в аэропортах представительства обладают весьма ограниченными полномочиями, порой недостаточными для принятия ключевых решений[8].

На размещение авиапромышленных предприятий влияют большее значительные для государства факторы, которые условно можно разделить на экономические (военно-стратегический, энергетический, транспортный, потребительский, трудо- и наукоёмкость) и природные (климат, экология, ресурсоёмкость).

Анализ международного опыта крупнейших стран-производителей авиатехники (Бразилия, США) показывает, что в одних странах решающими становятся факторы наличия потенциала трудовых ресурсов, транспортную доступность, энергетический потенциал, ресурсоёмкость, а в последствие, и наукоёмкость, а в других

- климатический комфорт, наличие требуемого уровня транспортной доступности.

Сегодня в России производство размещается по принципу исторического опыта, а также в промышленных зонах регионов, где есть ресурсы.

Так, производственные мощности ПАО «Яковлев» находятся в 9 регионах России: Москва, Московская область (Жуковский), Ростовская область (Таганрог), Ульяновская область (Ульяновск), Воронежская область (Воронеж), Республика Татарстан (Казань), Новосибирская область (Новосибирск), Иркутская область (Иркутск) и Амурская область (Комсомольск-на-Амуре) [3].

Если рассматривать их расположение по федеральным округам, то получается, что производственные мощности, имеющие наибольший потенциал роста для региональных авиатранспортных систем расположен в Центральном (2), Южном (2), Приволжском (2), Сибирском (2) и Дальневосточном (1) федеральных округах, то есть, в 5 округах из 8 имеющихся в стране.

Территориальное планирование таких функциональных зон, как авиатранспортная система предусматривается нормативно-правовыми документами Российской Федерации. Так объекты инфраструктуры, предусматриваются при подготовке документов по планировке территории города, прилегающих к нему зон или городской агломерации. Актуализация данных документов, как правило, осуществляется либо с установленной государственной властью периодичностью. Но зачастую документы подлежат актуализации по востребованию. Так как отдельные элементы авиатранспортного комплекса априори являются объектами стратегического значения в России, то решение о строительстве принимается инициатором проекта (инвестором, частным лицом) совместно с органами государственной власти не только региона, но и федерального уровня.

При действующем в настоящее время законодательстве [5], а также исходя из имеющихся прецедентов, промышленная зона и зона размещения объектов транспорта разделяются, из чего впоследствии, образуется излишнее расстояние, и формируются предпосылки отсутствия прямой связи функциональных структур авиатранспортной системы.

Необходимо отметить, что возможность размещения элементов авиатранспортной системы в одном регионе вполне допустима при соблюдении определенных условий законодательства, а также применении комплексного подхода в проектировании. К таким исключениям относятся в Сибирском федеральном округе Иркутская

область (г. Иркутск), а в Приволжском федеральном округе – Республика Татарстан (г. Казань).

Эффективность такого комплексного размещения в указанных городах подтверждается активным приростом показателей пассажиропотока. На базе таких показателей пассажиропотока за последние годы, а также принимая во внимание, стратегическую значимость флагманского проекта ПАО «Яковлев» - вывода на серийное производство самолёта гражданской авиации отечественного производства МС-21, представляется целесообразным использовать потенциал Иркутской области и Республики Татарстан путем формирования их региональных авиатранспортных систем с помощью комплексного подхода, который позволит создать предпосылки синергетического эффекта.

Комплексный подход в данном случае может рассматриваться как образование кластера. Авиакластер – комплекс функциональных авиатранспортных предприятий, размещённый в рамках авиатранспортной системы региона [6].

Такое решение позволит существенно снизить временные и логистические издержки авиатранспортного комплекса и обеспечить достаточными мощностями транспорта заданные требования экономики региона на долгосрочный период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный портал Транспортного комплекса России. – Транспортно-логистические коридоры. - [URL]: <https://transport.gov.ru> (дата обращения - 26 апреля 2025 г.).
2. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. - [URL]: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 1 мая 2025 г.)
3. Официальный сайт ПАО «Яковлев». – [URL]: <https://yakovlev.ru> (дата обращения 1 мая 2025 г.)
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2013 г. № 384-р. – [URL]: <https://www.consultant.ru> (дата обращения – 28 апреля 2025 г.).
5. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации». - [URL]: <https://www.consultant.ru> (дата обращения 26 апреля 2025 г.).
6. Авиационные компетенции в современных реалиях / М. М. Алексеева, А. И. Боброва, Л. Г. Большедворская [и др.]. – Москва : Издательско-торговая корпорация Дашков и К, 2025. – 260 с. – ISBN 978-5-394-06243-8. – EDN NDROQD.

7. Степаненко, Е. В. Трансформация авиалиний для внутреннего рынка Российской Федерации / Е. В. Степаненко, А. С. Воскресенская, В. И. Гречишкина // Вестник транспорта Поволжья. – 2024. – № 2(104). – С. 61-69. – EDN QTDWDP.

8. Степаненко, Е. В. Бизнес-процессы авиакомпании и аэропорта: общность и различия / Е. В. Степаненко, М. А. Шевердин, Р. Р. Низаметдинов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2020. – № 33. – С. 69-77. – EDN LNCAEW.

9. Авиационные компетенции в современных реалиях / М. М. Алексеева, А. И. Боброва, Л. Г. Большедворская [и др.]. – Москва : Издательско-торговая корпорация Дашков и К, 2025. – 260 с. – ISBN 978-5-394-06243-8. – EDN NDROQD.

УДК 681.5.015:004.896

Севрюков Б.О., Чумилин И.Е.

Научный руководитель: Порхало В.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Многие современные технические системы функционируют в условиях высокой неопределенности: изменяющиеся внешние воздействия, износ оборудования, колебания параметров среды, непредсказуемые возмущения. Традиционные системы управления, основанные на классических методах регулирования, часто оказываются неэффективными в подобных условиях, так как требуют точной математической модели объекта и не способны адаптироваться к изменяющимся параметрам.

В связи с возможностью возникновения нестандартных ситуаций во время функционирования системы управления, особую значимость приобретают адаптивные системы управления, которые позволяют автоматически перенастраивать параметры регуляторов в реальном времени, компенсировать влияние внешних возмущений, обеспечивать устойчивость даже при значительных изменениях характеристик объекта [1].

Описание принципа работы. Предлагаемая система адаптивного управления поддержанием температуры реализована следующим образом: управление температурой осуществляется при помощи регулирования уровня охлаждения, управление осуществляется при

помощи двухпозиционного регулятора [2]. На рисунке 1 представлена блок-схема работы адаптивного двухпозиционного алгоритма. Разработанное устройство модифицирует классический двухпозиционный регулятор с фиксированными уставками, преобразуя его в систему с динамически изменяемыми границами срабатывания. Ключевой особенностью системы является бесконтактный способ интеграции функционального звена перенастройки (ФЗП), что существенно повышает надежность устройства при его физической реализации. Техническая реализация основана на следующей схеме: ФЗП подключается параллельно к выходу стандартного двухпозиционного регулятора, в параллельной цепи устанавливается усилительный каскад с коэффициентом усиления более или равным двум, суммарный сигнал от обеих ветвей подается на ограничивающее звено (насыщения) со следующими параметрами: уровни ограничения соответствуют крайним позициям исходного регулятора, коэффициент передачи равен одному [3].

На схеме цифрами обозначены: 1 – элемент сравнения, 2 – пороговые устройства переключения позиций, 3 – двухпозиционный регулятор с фиксированными позициями, 5 – усилительное звено с коэффициентом усиления, равным или большим двух; 6 – функциональное звено перенастройки, 7 – звено памяти сигнала ФЗП, 8 – сумматор, 9 – звено типа насыщения [3].

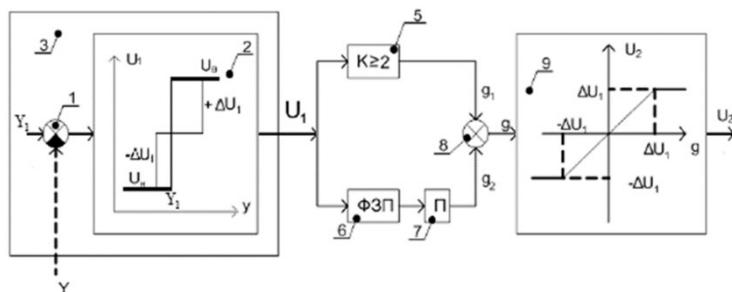


Рис. 1. Структурная схема системы охлаждения

Пороговые устройства обеспечивают изменения сигналов, соответствующих позициям регулятора, причём значения сигналов крайних позиций – верхней U_B и нижней U_H имеют равные по модулю значения $|\Delta U_I|$. Переключение сигналов позиций с нижней на верхнюю происходит при достижении регулируемой величиной Y соответствующих сигналов заданий зоны Y_I . То есть, переключение

имеет место при пересечении регулируемой величины в линии уставки Y_I , которая также является фиксированной. Выходным сигналом U_I пороговых устройств 2 является один из сигналов позиций U_B или U_H .

Элемент сравнения 1 совместно с пороговыми устройствами 2 образуют двухпозиционный регулятор 3 с фиксированными позициями – нижней и верхней, на выходе которого при достижении сигналом регулируемой величины Y сигналов задания Y_I появляются сигналы соответствующих позиций U_H или U_B .

Выходной сигнал U_I подаётся одновременно на усилительное звено 5 с $K \geq 2$ и ФЗП 6.

ФЗП выбирается в зависимости от желаемого вида реализации адаптации границ: дискретного или аналогового.

При дискретном выборе реализации адаптивных границ на выходе ФЗП сигнал g_2 изменяется скачком на какую-то величину Δg_2 .

При реализации ФЗП в дискретном виде необходимость в звене памяти отпадает, так как такое запоминание происходит путём конструктивного выполнения ФЗП.

Подобный подход позволяет полноценно организовать современная микроконтроллерная техника. Программа реализована на языке FB и может быть без трудностей интегрирована в необходимые технологические системы управления.

Преимуществами организации управления подобным образом является сохранение базовой надежности двухпозиционного регулирования, добавление адаптивных свойств без механических переключений, простота аппаратной реализации за счет стандартных компонентов системы. Также организация адаптивного управления двухпозиционным регулированием позволяет добиться повышения точности регулирования, сохранения устойчивости системы при изменяющихся условиях, что особенно ценно для промышленных систем управления, где важны, описанные ранее параметры [4].

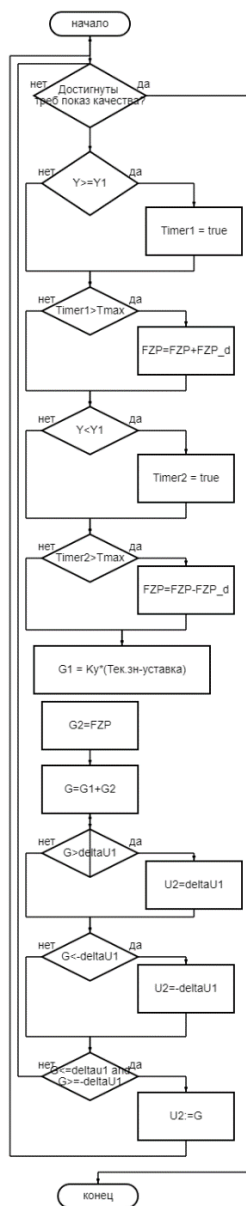


Рис. 2. Блок-схема организации программы для ПЛК

В рамках данной работы была разработана концепция системы поддержания температуры при помощи адаптивного управления уровнем выходного сигнала двухпозиционного регулятора. Проведено физическое моделирование теплового процесса, позволившее определить основные параметры системы. Обоснован выбор современного контроллера для автоматического управления системой. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования адаптивных подходов к организации системы автоматического управления для поддержания заданного температурного режима на объекте, повышения их энергоэффективности и увеличения срока службы. Разработанная система может быть использована для различных типов промышленных систем и тепличных хозяйств, способствуя улучшению показателей качества системы и снижению энергопотребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров С. А. Адаптивные системы управления: Конспект лекций. – СПб.: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005.- 90 с., ил.
2. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.
3. Порхало В.А., Бажанов А.Г., Магергут В.З. Информационные представления адаптивного трехпозиционного алгоритма для его аппаратных и программных реализаций // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2011. -№1(96). – С. 161-168.Эгильский И.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1998. – 216с., ил. – ISBN 5-274-00173-4.
4. Рубанов, В. Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем). Часть 1 / В.Г.Рубанов. – Белгород: БГТУ, 2009 – 199с.
5. Михайлов, А.И., Орлов, А.Н. Светодиодное освещение в сельском хозяйстве. - М: Агропромиздат, 2012. - 160 с.
6. Кузнецов, В.А. Основы теплотехники. - М: Лань, 2014. - 352 с.

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ДАННЫХ О КОЛИЧЕСТВЕ ПРОВЕДЕННЫХ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНУ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящее время увеличивается количество проведенных лабораторных исследований, так с 2020 по 2024 год рост составил 14 процентов и достиг 417 млн выполненных исследований. Большой трудностью является обновление парка медицинских лабораторных аппаратов, налаживаются поставки из Китая, но подавляющее количество оборудования поставлено из недружественных стран, поэтому появляются вопросы с поставкой запасных частей и расходных материалов [1]. Один из таких вопросов касается медицинских реагентов для лабораторных анализов, т.к. поставки могут быть затянuty по времени, то необходимо заблаговременно планировать приобретение реагентов, их хранение и учет. Таким образом, создание системы планирования и учета расхода реагентов необходимо для:

1. Оптимизации логистики и закупок, что позволит точно рассчитать потребность в реагентах, избегая их дефицита или избытка;

2. Снижения затрат - прогнозирование минимизирует потери из-за просроченных или неиспользованных реагентов. Это напрямую влияет на себестоимость анализов, где расходные материалы составляют значительную часть прямых затрат [2];

3. Адаптации к сезонным колебаниям. Зимние всплески ОРВИ увеличивают потребность в определенных тестах. Прогнозирование учитывает такие паттерны для корректировки объемов закупок [3];

4. Соответствия регуляторным требованиям. Лаборатории обязаны документировать расход материалов. Прогнозные модели обеспечивают прозрачность и обоснованность отчетности для проверок.

Таким образом, математическое прогнозирование повышает эффективность, снижает риски и улучшает финансовую устойчивость лабораторий.

Были получены данные по количеству проведенных клинико-диагностических исследований. На основании этих данных был проведен статистический анализ: определена плотность вероятности

(соответствие нормальному закону распределения), рассчитаны критерии значимости. Рассмотрим на примере анализа общего белка в сыворотке крови. Все расчеты проводятся в специализированном программном обеспечении MATLAB.



Рис. 1 Количество проведенных анализов за 2020-2024 года (общий белок в сыворотке крови)

Проведена проверка гипотезы нормальности распределения субъективным методом наложения кривой плотности вероятности на рисунок выборочного распределения.

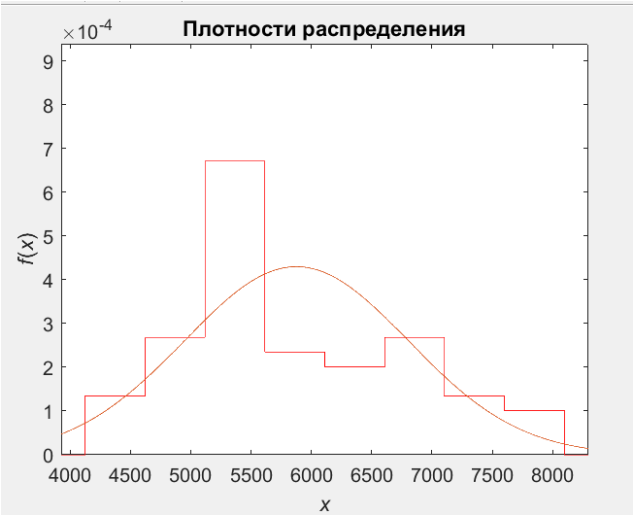


Рис. 2 Выборочное распределение с наложенной плотностью распределения за 2020-2024 года (общий белок в сыворотке крови)

Гистограмма является одной из форм представления выборочного распределения. Гистограмму разбивают на k равных интервалов. В данном случае k равно 8, ширина интервала 496,625.

Также проведена проверка гипотезы с помощью критериев согласия (Критерии Пирсона и Колмогорова).

Уровень значимости q задаем равным 0,01. Согласно формуле 1, найдем Критерий Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (1)$$

Где n – это объем выборки, k – число интервалов, p – вероятность попадания величины в i интервал.

Критерий Пирсона составит 13,255, Квантиль распределения Пирсона при 5 степенях свободы составит 15,1. Поскольку критерий меньше квантиля распределения Пирсона, то гипотеза согласуется с нормальным законом распределения.

Таким образом, полученные данные по проведенным анализам соответствуют нормальному закону распределения, что является обоснованием в выборе последующих моделей прогнозирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахитова Д. Ф., Нуретдинов Д. И. проблемы поставки медицинского оборудования в период санкций / Вахитова Д. Ф., Нуретдинов Д. И. [Текст] // современные тенденции развития науки и мирового сообщества. — Анапа: «НИЦ ЭСП» в ЮФО (подразделение НИЦ «Иннова»), 2022. — С. 141-145.

2. Хайруллин И. И., Омеляновский В. В., Гостищев Р. В., Сухоруких О. А., Ковалева С. А., Городецкий Б. Г. Подходы к определению себестоимости лабораторных исследований [Текст] / Хайруллин И. И., Омеляновский В. В., Гостищев Р. В., Сухоруких О. А., Ковалева С. А., Городецкий Б. Г. // фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. — 2024. — № 17. — С. 232-242.

3. Всемирная организация здравоохранения. Система управления качеством в лабораториях / ВОЗ. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2013. — 272 с.

Токарева А.Е., Токарев Д.А.

Научный руководитель: Харламов С.Ю., канд. филос. наук, ст. преп.

Белгородский государственный национальный исследовательский

университет, г. Белгород, Россия.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Современное сельское хозяйство и аквакультура сталкивается с множеством вызовов: изменением климата, нехваткой ресурсов, необходимостью повышения эффективности и снижения экологической нагрузки. В этих условиях технологии искусственного интеллекта, в частности сверточные нейронные сети (CNN), становятся мощным инструментом для автоматизации и оптимизации агропромышленных процессов.

Свёрточные нейронные сети (CNN) играют ключевую роль в решении таких задач, как классификация изображений, семантическая сегментация, распознавание объектов и многих других [1]. Для эффективного применения CNN крайне важны тщательная подготовка данных и наличие достаточно обширного обучающего набора. Тем не менее, эти требования не ограничивают широкое использование свёрточных сетей в аквакультуре – например, для мониторинга здоровья водных организмов, управления качеством воды и оптимизации производственных процессов.

Сверточные нейронные сети представляют собой специализированный класс глубоких нейронных сетей, которые используют операции свертки для извлечения признаков из входных данных. Основные компоненты CNN включают:

- Сверточные слои, которые отвечают за извлечение пространственных признаков из изображений.
- Активационные функции, добавляющие нелинейность в модель, что позволяет ей лучше обучаться.
- Пулинг-слои, уменьшающие размерность данных, сохраняя важные признаки.
- Полносвязные слои, которые используются для классификации и регрессии на основе извлеченных признаков.

Эти компоненты позволяют CNN эффективно обрабатывать изображения и выявлять сложные паттерны.

Современные технологии искусственного интеллекта, в частности сверточные нейронные сети (CNN), открывают новые возможности для

мониторинга здоровья водных организмов. Визуальный анализ изображений рыб с помощью CNN позволяет выявлять не только явные признаки заболеваний, но и ранние симптомы стрессовых состояний, которые часто остаются незамеченными при визуальном осмотре. Как показано в исследовании [3], такие системы демонстрируют клинически значимую точность в диагностике паразитарных инвазий и дерматологических патологий, что существенно повышает эффективность ветеринарного контроля на рыбоводческих предприятиях.

Вопросы кормления в аквакультуре получают новое решение благодаря применению CNN. Современные алгоритмы способны анализировать не просто факт потребления корма, но и сложные поведенческие паттерны, включая пространственное распределение особей в зоне кормления и их индивидуальную пищевую активность. Это позволяет создавать адаптивные системы кормления, которые в реальном времени оптимизируют не только количество, но и состав кормовой смеси, учитывая физиологическое состояние каждой возрастной группы [2]. Такой персонализированный подход приводит к заметному улучшению конверсии корма и темпа роста рыбы.

Контроль качества водной среды с использованием CNN переходит на качественно новый уровень. Интеграция данных подводного видеомониторинга с показаниями мультипараметрических зондов и спутниковой информацией создает целостную картину состояния водоема. Особенно ценно, что нейросетевые алгоритмы выявляют сложные взаимосвязи между различными параметрами, прогнозируя, например, снижение уровня кислорода по изменению поведения водных организмов или спектральным характеристикам воды [4].

Внедрение CNN-технологий трансформирует всю систему управления аквакультурным производством. Способность нейросетей обрабатывать в режиме реального времени огромные массивы визуальной информации устраняет главное ограничение традиционного мониторинга - дискретность контрольных измерений. Более того, стандартизация процессов принятия решений на основе объективных данных значительно снижает субъективность управленческих воздействий. Это создает фундамент для прецизионной аквакультуры, где каждый технологический процесс оптимизируется с учетом текущего состояния всей экосистемы и прогноза ее развития. Масштабируемость решений на основе CNN делает их экономически выгодными как для небольших фермерских хозяйств, так и для крупных промышленных предприятий, открывая новые возможности для

развития отрасли в условиях растущего спроса на морепродукты.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение CNN в аквакультуре сталкивается с определенными трудностями. Основными проблемами остаются необходимость создания обширных размеченных наборов данных для обучения моделей, сложность интерпретации принимаемых решений и высокая зависимость качества работы системы от исходных данных. Однако постоянное развитие алгоритмов глубокого обучения и увеличение доступности вычислительных ресурсов постепенно снижают эти барьеры.

Перспективы применения сверточных нейронных сетей в аквакультуре выглядят весьма многообещающе. По мере совершенствования технологий и накопления данных ожидается дальнейшая автоматизация процессов мониторинга и управления, что приведет к повышению эффективности производства при одновременном снижении экологической нагрузки. Интеграция сверточных нейронных сетей с другими перспективными технологиями, такими как интернет вещей и робототехника, открывает путь к созданию интеллектуальных фермерских хозяйств нового поколения, способных обеспечить растущий мировой спрос на продукцию аквакультуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hasan, N. , Ibrahim, S. and Aqilah Azlan, A. (2022). Fish diseases detection using convolutional neural network (CNN). *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 13(1), 1977-1984. doi: 10.22075/ijnaa.2022.5839 (дата обращения: 14.05.2025)
2. Iqbal U, Li D, Akhter M. Intelligent Diagnosis of Fish Behavior Using Deep Learning Method. *Fishes*. 2022; 7(4):201. <https://doi.org/10.3390/fishes7040201> (дата обращения: 17.05.2025)
3. Kelly, Anita & Renukdas, Nilima. (2020). Disease management of aquatic animals. doi: 10.1016/B978-0-12-813359-0.00005-1 (дата обращения: 16.05.2025)
4. Stojanovic, Nadica & Chaudhary, Sunita. (2023). Real-Time Water Quality Monitoring in Aquaculture using IoT Sensors and Cloud-Based Analytics. *Research Journal of Computer Systems and Engineering*. 4. 174-187. 10.52710/rjcs.86 (дата обращения: 14.05.2025)

*Хабибуллина Э.Т., Баранова В.С., Козлова Е.А.
Научный руководитель: Закиров Р.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

КОНЦЕПЦИЯ СОВМЕСТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ КОТЕЛЬНОЙ

В конце 2024 года в Казани на балансе АО «Казэнерго» насчитывалось порядка 120 котельных. Общие потери в системе теплоснабжения Казани оцениваются в 15–25% от выработки [1], основной причиной данных показателей является перетоп, т.е. избыточная генерация тепла. На сегодняшний день котельные часто работают в неоптимальном режиме, производя на 5–15% больше тепла, чем требуется, что приводит к перерасходу топлива и повышенным эксплуатационным расходам.

Концепция совместного регулирования выработки и потребления тепловой энергии является средством оптимизации котельной. Основными проблемами, которые решает совместное регулирование, являются несоответствие между выработкой тепла и реальным потреблением и отсутствие оперативного мониторинга и предиктивного управления. Поэтому необходимо автоматизировать котельную для совместного регулирования выработки и отпуска тепловой энергии.

Основная функция автоматизации – это дистанционный мониторинг и управление (SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), GSM-оповещение) [2]. Основными примерами SCADA для котельных являются Siemens WinCC и Aveva. Среди отечественных разработок существует система КРУГ-2000. В основной функционал системы SCADA входит: визуализация работы оборудования (графики, тренды, аварийные сигналы) и автоматическое регулирование мощности котлов в зависимости от нагрузки. Для предотвращения аварийных ситуаций и удаленного контроля внедряется GSM-модуль. Схема интеграции SCADA в котельную приведена ниже (Рис. 1).

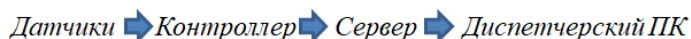


Рис.1 Схема интеграции SCADA в котельную

Также, для внедрения интеллектуального регулирования возможно рассмотреть модернизацию определенных составляющих котельной. А именно горелочные устройства. В данном случае необходима установка модуляционных горелок с плавным регулированием мощности, что позволит снизить расход топлива при частичной нагрузке. Стоит отметить, что внедрение погодозависимых контроллеров с датчиками уличной температуры позволит автоматически корректировать температуру теплоносителя для оптимальной выработки тепловой энергии. К автоматизации технологического процесса также стоит отнести установку частотно-регулируемых приводов (далее - ЧРП) на насосное оборудование. Это прогнозирует уменьшение потребления электроэнергии насосами на 20–25% благодаря ЧРП.

При создании концепции также стоит учитывать нормативные требования, включающие в себя обязательный коммерческий учет тепла [3] и использование сертифицированных систем автоматизации [4].

Основными перспективами внедрения данной концепции являются интеграция с AI-алгоритмами для прогнозного регулирования и применение IoT-датчиков для детализированного мониторинга. К экологическому преимуществу относится сокращение выбросов CO₂ на 15% из-за снижения объемов сжигаемого топлива. Таким образом, первостепенной задачей для совместного регулирования и отпуска тепловой энергии является внедрение SCADA и GSM-оповещений, которые делают управление котельной более гибким и экономически выгодным, что особенно актуально в условиях роста тарифов на энергоносители.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство. — Текст : электронный // Татэнерго : [сайт]. — URL: <https://www.tatenergo.ru/operations/> (дата обращения: 20.05.2025).
2. Ковалев. А. В. Автоматизация котельных / А. В. Ковалев. — : Энергоатомиздат, 2020. — с. — Текст : непосредственный.
3. Федеральный закон "О теплоснабжении" от 27.07.2010 № 190-

ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2024

4. СП 89.13330.2016. Свод правил. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76 от 16.12.2016 № 89.13330.2016. // <http://pravo.gov.ru> Официальный интернет-портал правовой информации. - 2024 г. - с изм. и допол. в ред. от 15.12.2021.

УДК 674.059

Хаялиев О.В., Красильникова К.А., Стрючкова М.В.

Научный руководитель: Руденко О.Л., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПЛАНИРОВАНИИ ЛЕСОЗАГОТОВОК: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Современные лесозаготовки требуют высокой точности планирования, минимизации затрат и экологической устойчивости. Традиционные методы управления лесными ресурсами часто не справляются с динамичными изменениями спроса, погодных условий и законодательных норм. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) позволяет оптимизировать процессы лесозаготовок, повышая эффективность и снижая негативное воздействие на экосистему.

Основные задачи планирования лесозаготовок

Планирование лесозаготовок включает несколько ключевых аспектов:

- Выбор участков для вырубki с учетом возраста деревьев, породного состава и экологических ограничений.
- Оптимизация маршрутов транспортировки древесины для снижения затрат на логистику.
- Прогнозирование объемов заготовки на основе спроса и рыночных цен.
- Минимизация экологического ущерба за счет рационального использования лесных ресурсов[1].

ИИ и МО помогают решать эти задачи, анализируя большие массивы данных и предлагая оптимальные решения.

Алгоритмы оптимизации в лесозаготовках

1. Генетические алгоритмы

Генетические алгоритмы (ГА) имитируют естественный отбор, находя оптимальные решения путем комбинирования и мутации

"популяции" возможных вариантов. В лесозаготовках ГА применяются для:

- Оптимизации маршрутов трелевки и вывозки древесины.
- Распределения лесосек с учетом экологических и экономических факторов.

2. Методы линейного и нелинейного программирования

Эти методы используются для максимизации прибыли при заданных ограничениях (объемы вырубki, транспортные издержки, законодательные нормы). Например, симплекс-метод помогает определить оптимальный план заготовки для нескольких лесных участков.

3. Алгоритмы кластеризации (k-means, DBSCAN)

Кластеризация помогает автоматически группировать лесные участки по схожим характеристикам (тип древесины, удаленность от дорог), что упрощает планирование вырубki.

Применение машинного обучения

1. Прогнозирование урожайности лесных участков

Модели на основе регрессионного анализа и нейронных сетей предсказывают объем древесины, который можно получить с конкретного участка, учитывая возраст деревьев, почвенные условия и климат.

2. Анализ спутниковых и дронных данных

С помощью компьютерного зрения и глубокого обучения (сверточные нейросети) можно:

- Автоматически детектировать зрелые лесные массивы.
- Оценивать повреждения от вредителей или пожаров.
- Контролировать незаконные вырубki.

3. Оптимизация логистики

Модели обучения с подкреплением позволяют определять наиболее эффективные маршруты для перевозок, принимая во внимание состояние дорог, погодные условия и загруженность транспортных средств.

Преимущества и недостатки внедрения искусственного интеллекта

Преимущества:

- Снижение затрат на логистику и планирование.
- Увеличение точности прогнозов по заготовкам.
- Сокращение экологического ущерба благодаря рациональному использованию ресурсов.

Недостатки:

- Необходимость в больших объемах данных для обучение моделей.
- Высокие затраты на внедрение ИИ-решений.
- Недостаток квалифицированных специалистов в лесной отрасли.

Искусственный интеллект и машинное обучение открывают новые горизонты для оптимизации лесозаготовок. Алгоритмы позволяют автоматизировать процесс принятия решений, снижать расходы и повышать экологическую устойчивость сектора. Тем не менее, успешное внедрение искусственного интеллекта требует инвестиций в цифровую инфраструктуру и подготовку кадров. В будущем развитие технологий может сделать лесное хозяйство более эффективным и экологически ответственным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кунцев, А. С. Комплексное использование лесных ресурсов Белгородской области / А. С. Кунцев, С. И. Овсянников // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Белгород, 15–16 февраля 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 235-243.
2. Методы искусственного интеллекта в программных приложениях: Лабораторный практикум. Учебное электронное издание сетевого доступа/ Б. Г. Ильясов, Е. А. Макарова, Е. Ш. Закиева, Э. Р. Габдуллина. Уфа, 2021. 153 с.
3. Литвинов В.В. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В.В. Литвинов, С.И. Овсянников // В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. - Белгород, - 2019. - С. 29-33.
4. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. Аспектология использования 3D фрезерования древесины в мебельном производстве // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 56-63.

Чаплин Д.М.

Научный руководитель: Порхало В.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКУРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Все свое существование человек пытался максимально сильно облегчить себе жизнь. Именно с таковым стремлением связаны попытки эту жизнь автоматизировать, минимизировать свое участие в различных процессах. Это нашло отражение в большом количестве сфер человеческой жизни. Так с желанием автоматизировать коммуникацию связано изобретением Александром Поповым радиосвязи, а в дальнейшем и в интернете целым рядом других учёных, что привело к возможности практически мгновенно передавать сообщения на дальние расстояния, вплоть до связи между континентами. С желанием упростить обследование и лечение людей связано изобретение таких вещей, как рентген, аппараты МРТ, ИВЛ и ЭКГ. С появлением более высоких вычислительных мощностей, а также нейронных процессоров (NPU) позволило интегрировать в данную область искусственный интеллект (ИИ) для выполнения различных прикладных задач, среди которых прогнозирование течения заболеваний, помощь в принятии решений, а также решение выполнения каких-либо исследований. Таким образом ИИ использовался для поиска вакцины от COVID19. Все это дало значительный толчок в качестве и скорости реализации медицинских услуг, а также к повышению уровня развития медицины в целом. Автоматизация не обошла стороной и промышленность. Ее внедрение позволило добиться сразу нескольких результатов [2]:

- снижение стоимости производства, что положительно повлияло на экономику,

- уменьшение количества брака у выпускаемой продукции,
- снижения человеческого фактора.

Искусственный интеллект не обошел стороной и эту область. В данной области ИИ используется в следующих ролях:

- Анализ ошибок системы управления,
- Контроль качества,
- Управление технологическим процессом.

Одним из примеров автоматизированного технологического процесса является автоматическое управления температурой какого-либо технологического объекта. График переходного процесса нагрева при наличии единичной отрицательной обратной связи представлен на рисунке 1.

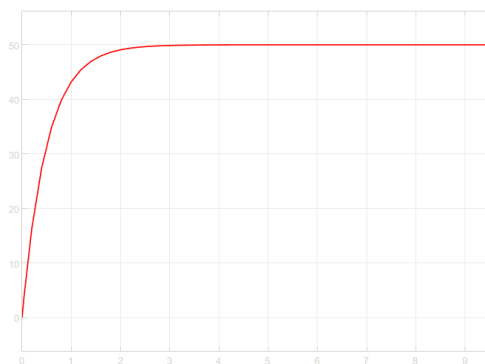


Рис.1. Переходный процесс нагревателя

Переходный процесс, изображенный на рисунке, может получиться только в идеальных условиях. В реальных условиях на систему имеется возмущающее воздействие, обусловленное различными факторами, такими как наводки, возникающие в электрических цепях подключение датчика, либо, например, колебания температуры внешней окружающей среды, из-за чего переходный процесс может иметь неустойчивый характер, что может привести, минимум, к невыполнению технологической задачи, а максимум, к повреждению технологического оборудования и материальным убыткам[4]. Защищать от такого призваны специальные регуляторы, встраиваемые в контур управления. Таковые учитывают динамику работы системы и на основании этого формируют управляющее воздействие. Примером такового устройства является ПИД-регулятор. Уравнение его выходной координаты описывается уравнением:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(r) dr + K_d \frac{de}{dt},$$

или в дискретном виде:

$$u[n] = K_p e[n] + K_i \sum_{i=0}^n e[i] \cdot t_c + K_d (e[n] - e[n-1]).$$

В первом уравнении K_p – коэффициент пропорциональной составляющей, K_i – коэффициент интегральной составляющей, K_d –

коэффициент дифференциальной составляющей, e – величина входа регулятора (ошибки) системы, во втором, помимо указанных коэффициентов, добавляется t_c – время семплирования.

Как можно заметить, процесс регулирования использует значения ошибки системы за предыдущие моменты времени. Это важно учитывать при проектировании регулятора.

Одной из актуальных задач автоматизации является внедрение нейро-нечеткого управления [3]. Такие методы отличаются от классических методов управления схожестью внутреннего представления информации с человеческим разумом, что делает таковые решения более гибкими и универсальными. Частным случаем таковых регуляторов являются нейронные сети. Последние можно использовать для реализации аналога регулятора температуры, описанного выше. Для этого можно прибегнуть к двум подходам. Рассмотрим каждый из них.

При первом можно использовать однонаправленную нейронную сеть с $n+1$ входными нейронами, где n – количество предыдущих состояний. Такой подход требует использование специальных ячеек памяти, которые будут хранить предыдущее состояния. Подход достаточно прост в реализации, но не обладает достаточной гибкостью.

Второй подход связан с использованием рекурсивных нейронных сетей. В общем случае, такую нейронную сеть можно представить в виде графа, приведенного на рисунке 2[1].

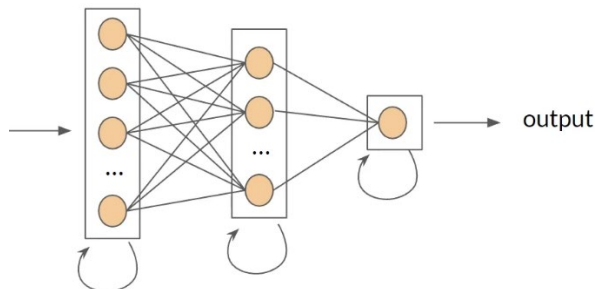


Рис. 2. Обобщенная структура рекуррентной нейронной сети

Выход нейрона слоя y такой нейронной сети будет описываться уравнением

$$\begin{cases} y = \sigma(Vh^t + b_y) \\ h^t = \sigma(WX^t + Uh^{t-1} + b_y) \end{cases}$$

Здесь W – матрица входов, U – матрица скрытых состояний, V – матрица выходов, t – время. Графически это можно представить в виде графа, представленного на рисунке 3[1].

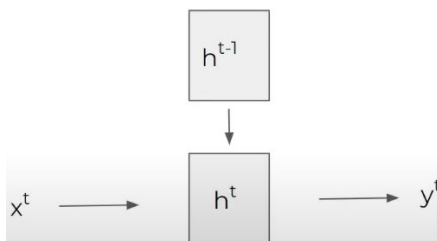


Рис. 3. Граф вычисления выхода слоя в рекуррентной нейронной сети

Таким образом, можно резюмировать, что данная нейронная сеть имеет эффект памяти, что компенсирует отсутствие запоминающих ячеек, описанных в первом способе. Более того, рекуррентные нейронные сети имеют большую гибкость по сравнению с обычной однонаправленной сетью и большей простотой реализации. Наличие скрытых слоев позволяет более тонко настраивать поведение контроллера и тем самым лучше обрабатывать возмущающие воздействия, улучшая показатели переходного процесса, такие как его время, величина перерегулирования и колебательность.

Таким образом, рекуррентные нейронные сеть – мощный инструмент для обработки данных, имеющую переменную длину. Спектр их применений достаточно широк, среди которых обработка сигналов, что используется, к примеру для имитации различных гитарных усилителей в линейке Neural DSP, обработка человеческой речи, используемой в системах распознавания речи и нейро переводчиках, а их особенность – наличие «памяти» позволяет использовать их в большем количестве прикладных задач, нежели в случае с однонаправленными сетями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронный ресурс «Лекция. Рекуррентные нейронные сети». URL: <https://aws.amazon.com> (Дата обращения 5.5.25)
2. Электронный ресурс «upperator.ru | Нейронные сети в промышленном производстве». URL: <https://upperator.ru> (Дата обращения 5.5.25)

3. Ю. Н. Хижняков, А. А. Южаков. Нейро-нечеткий регулятор напряжения / Изв. Вузов. Приборостроения, 2011. Т. 54. №12

4. Интеллектуальные подходы к созданию советующей системы управления вращающейся цементной печью обжига клинкера, [Текст] ил. Цемент и его применение, 2013, № 3. - С. 77-82

УДК 631.588:621.329:62-52

Чумилин И.Е., Севрюков Б.О.

Научный руководитель: Белоусов А. В., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ТЕПЛИЦ

В настоящее время светодиодное освещение находит все более широкое применение в различных отраслях, включая сельское хозяйство. Использование светодиодов в тепличных хозяйствах позволяет оптимизировать спектральный состав излучения, повысить урожайность и снизить энергопотребление. Однако, одним из основных факторов, ограничивающих эффективность светодиодных систем освещения, является перегрев [1]. Повышение температуры корпуса светодиодов приводит к снижению светового потока, изменению спектральных характеристик и сокращению срока службы [3].

В связи с этим, разработка эффективных систем охлаждения светодиодных светильников является актуальной научно-технической задачей. В данной статье рассматривается разработка системы водяного охлаждения для светодиодных светильников, предназначенных для использования в тепличных хозяйствах.

Предлагаемая система водяного охлаждения функционирует по замкнутому контуру, обеспечивая циркуляцию теплоносителя (обычно дистиллированной воды) между светодиодными светильниками и радиатором. На рисунке 1 представлена структурная схема системы, демонстрирующая ключевые компоненты и их взаимодействие.

Теплоноситель, под воздействием насоса, циркулирует по контуру, проходя через теплообменник, который установлен в непосредственном контакте со светодиодными платами (модулями). Контур с теплоносителем обозначен жирными линиями на схеме. Теплообменник обеспечивает эффективный теплоотвод от светодиодов, передавая тепло теплоносителю. Затем, нагретый теплоноситель поступает в радиатор, на котором прикреплен вентилятор, где

происходит отвод тепла в окружающую среду посредством конвекции [5].

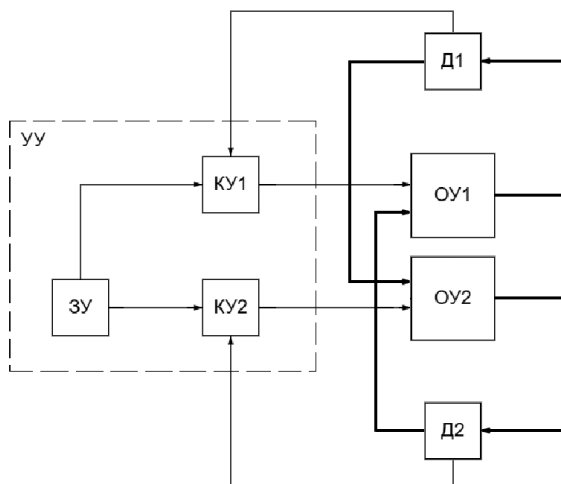


Рис. 1. Структурная схема системы охлаждения

Для автоматического регулирования температуры светодиодов используется микроконтроллер (УУ). Датчики температуры, расположенные вблизи светодиодов (Д2), и на выходе из теплообменника (Д1), непрерывно измеряют температуру и передают данные в контроллер [2]. На основе полученных данных, а также заранее заданных параметров (ЗУ), контроллер управляет скоростью вращения насоса (ОУ2), и вентилятора радиатора (ОУ1), регулируя интенсивность циркуляции теплоносителя и, соответственно, интенсивность теплоотвода. Программное обеспечение контроллера реализует ПИД-алгоритм (или другой подходящий алгоритм управления), обеспечивая точное и стабильное поддержание заданной температуры светодиодов (КУ1, КУ2). Для большего контроля работоспособности системы можно применять датчики светового потока [4]. Анализируя информацию с этих датчиков, можно понять, насколько сильно упал световой поток из-за нагрева светодиодных модулей.

Такая схема обеспечивает эффективный отвод тепла от светодиодов, поддерживая их рабочую температуру в оптимальном

диапазоне, что позволяет повысить эффективность освещения и продлить срок службы светодиодных светильников (рис. 2):

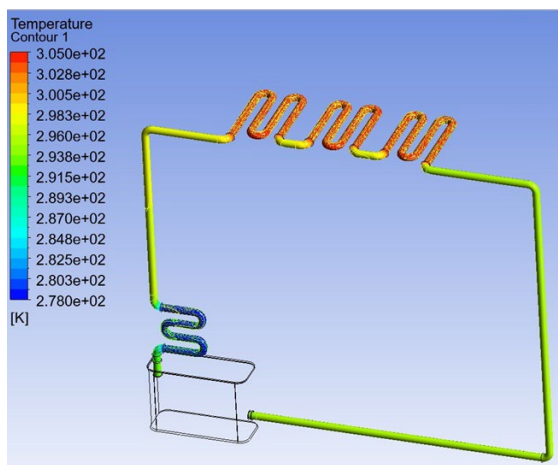


Рис. 2. Модель системы охлаждения светодиодных ламп

На данной модели показано изменение температуры по ходу теплоносителя внутри системы охлаждения. Красным отмечены места радиаторов, к которым присоединены светодиодные матрицы, синим обозначена секция с радиатором, обдуваемым вентилятором. Датчики температуры расположены в красной и синей области соответственно.

Данную разработку можно применить к тепличным хозяйствам любого размера. Схему можно расширять по мере необходимости, а также адаптировать под конкретные тепличные модули, элементы освещения и микроклимат соответственно.

Таким образом, была разработана концепция системы водяного охлаждения для светодиодных светильников (модулей), предназначенных для тепличных хозяйств. Данная тема является актуальной, так как позволяет не только эффективно охлаждать элементы системы освещения теплиц, а также полезно утилизировать тепло посредством передачи тепла напрямую в почву. Разработанная система может быть адаптирована для различных типов светодиодных светильников и тепличных хозяйств, способствуя повышению урожайности и снижению энергопотребления. Особенность разработанной системы – адаптация к микроклимату вокруг системы освещения, которая достигается благодаря датчикам и контроллеру. Помимо тепличных комплексов, данную разработку можно применять

на любых производствах и местах с повышенным температурным режимом окружающей среды (металлургические предприятия, энергетическая отрасль и т. д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борзенко Е.И., Васильев А.Н. Тепловые режимы светодиодных источников света. - СПб: Наука и Технологии, 2014. - 320 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления – С-П.: Профессия, 2004. – с. 214–216.
3. Кравченко А.А., Шахнович И.В. Тепловые режимы светодиодных светильников. - М: Техносфера, 2016. - 240 с.
4. Порхало В.А., Бажанов А.Г., Магергут В.З. Информационные представления адаптивного трехпозиционного алгоритма для его аппаратных и программных реализаций // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2011. -№1(96). – С. 161–168.
5. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.

УДК 658

Шутка С.С.

*Научный руководитель: Ерохина Е.В., д-р экон. наук, проф.
Калужский филиал Московского государственного технического
университета имени Н.Э. Баумана, Калуга, Россия*

СОЗДАНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ МОДЕЛИ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ НАУКОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ИННОВАЦИЯМИ И ПРОМЫШЛЕННЫМ СЕКТОРОМ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Современный этап экономического развития характеризуется стремительной цифровизацией, которая трансформирует традиционные модели взаимодействия между наукой, технологиями и промышленностью. В условиях глобализации и усиления конкурентной борьбы на международных рынках успешное внедрение инноваций в производство становится не просто желательным, а критически важным фактором обеспечения конкурентоспособности национальной экономики. Однако, как показывает практика, существующие механизмы сотрудничества между научными организациями, технологическими компаниями и промышленными

предприятиями зачастую остаются недостаточно эффективными, что существенно замедляет процесс перехода от фундаментальных исследований к их практическому применению в реальном секторе экономики.

Следует отметить, что проблема коммерциализации научных разработок носит комплексный характер и требует всестороннего рассмотрения. С одной стороны, научные организации традиционно ориентированы на получение новых знаний и публикацию результатов исследований в академических изданиях, что далеко не всегда соответствует потребностям промышленных предприятий, заинтересованных в конкретных технологических решениях, способных принести коммерческую выгоду в относительно короткие сроки. С другой стороны, промышленные предприятия зачастую не готовы инвестировать значительные средства в рискованные инновационные проекты, предпочитая использовать проверенные временем технологии, что создает своеобразный "инновационный парадокс" - при наличии значительного научного потенциала его практическая реализация в производстве остается ограниченной [1].

В этом контексте особую важность приобретает вопрос о роли государственного регулирования и поддержки процессов взаимодействия между наукой и промышленностью. Мировой опыт свидетельствует, что успешные модели кооперации, как правило, формируются при активном участии государства, которое выступает не только в роли регулятора, но и в качестве катализатора инновационных процессов. Развитие нормативной базы, включая налоговые льготы для компаний, инвестирующих в НИОКР, и поддержку технологических стартапов, создает необходимые предпосылки для формирования устойчивых связей между научными организациями и бизнесом [2]. Однако следует признать, что одних только мер государственной поддержки недостаточно - необходимо создание комплексной системы стимулов для всех участников инновационного процесса.

При этом нельзя не учитывать, что современные цифровые технологии открывают принципиально новые возможности для оптимизации взаимодействия между наукой и промышленностью. Внедрение облачных платформ, технологий больших данных и искусственного интеллекта позволяет не только ускорить процесс передачи знаний и технологий, но и существенно снизить транзакционные издержки, связанные с поиском партнеров и управлением совместными проектами. Более того, цифровые инструменты обеспечивают новый уровень прозрачности и контроля за ходом реализации инновационных проектов, что особенно важно в условиях необходимости распределенного управления сложными исследовательскими и производственными процессами [3].

Особого внимания заслуживает вопрос о создании эффективной инфраструктуры для трансфера технологий. Практика показывает, что даже при

наличии качественных научных разработок и заинтересованности промышленных предприятий процесс их внедрения часто сталкивается с существенными организационными и техническими сложностями. В этой связи создание специализированных инжиниринговых центров, технологических платформ и инновационных кластеров приобретает особую значимость, так как позволяет сократить разрыв между лабораторными исследованиями и промышленным производством. При этом важно учитывать, что эффективность таких структур во многом зависит от их способности адаптироваться к быстро меняющимся технологическим и рыночным условиям [4].

В заключение следует подчеркнуть, что формирование устойчивой модели сотрудничества между наукой, технологическими инновациями и промышленным сектором требует комплексного подхода, учитывающего как глобальные тенденции технологического развития, так и специфику национальной инновационной системы. Решение этой задачи предполагает не только совершенствование нормативно-правовой базы и развитие инфраструктуры, но и изменение самой культуры взаимодействия между участниками инновационного процесса, что в конечном итоге должно привести к созданию действительно эффективной экосистемы генерации и коммерциализации новых знаний и технологий [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Индикаторы инновационной деятельности: 2023. Статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 320 с.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2035 года: утв. Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642. – URL: <http://static.kremlin.ru> (дата обращения: 15.06.2024).
3. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат. сб. – М.: Росстат, 2023. – 700 с. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 15.06.2024).
4. Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "О науке и государственной научно-технической политике". – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.06.2024).
5. Цифровая экономика: глобальные тренды и практика российских компаний / Под ред. В.И. Суворовой. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 456 с.

Оглавление

Авофуйе А.Д.

РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ РУКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ 3

Авофуйе А.Д.

РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ЭМГ) 8

Акуппа Ю.А., Чикин Н.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ..... 14

Акуппа Ю.А., Чикин Н.А.

HUMAN-ROBOT COLLABORATION (HRC): БЕЗОПАСНОЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЮДЕЙ И РОБОТОВ 18

Анисимова В.В., Чувилин К.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ ОБЪЕКТА В
БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА 23

Башков А.В.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ
КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ, МОНИТОРИНГА ПОСЕВОВ И
ПОИСКА ОБЪЕКТОВ..... 28

Бойко Я.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ
ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОСТЕКЛЯНЫХ
БЛОКОВ В ДВУХСЕКЦИОННОЙ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ..... 32

Брильц М.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ОБРАТНОГО
МАЯТНИКА 37

Возимиллер Р.Р.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ «МП-9С» НА
БАЗЕ ПЛК 110 ОВЕН 42

Волков К.А.

СПОСОБ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ РЕАКЦИИ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ПРИ ПРОТЕКАНИИ В
МНОГОСЛОЙНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ..... 46

Гармашов В.В., Петрук М.В., Петрова Д.В.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА
АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ..... 50

Горяников Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ
ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ОТ ТЕЛА ОБТЕКАНИЯ ВИХРЕВОГО
РАСХОДОМЕРА..... 55

Гракович Ф.М.

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО
РАСХОДОМЕРА С ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ ТЕЛОМ ОБТЕКАНИЯ:
ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КАНАЛА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА
ПРОЦЕСС ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ 58

Гудыменко Д.С.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЯМИ..... 61

Дворянинова М.И.

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ..... 66

Деревянкина С.В., Чуднова О.А.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА СУДОРЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 69

Ермакова Е.А.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ..... 76

Кимов А.М., Щербак А.В.

ЕДИНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДНЕГО БИЗНЕСА.....	79
Кириченко К.В., Мелехов К.Г.	
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ НАГРЕВА ВОДЫ В ПАСТЕРИЗАТОРЕ МОЛОКА.....	82
Кобзева Н.Р., Скуридина Д.И., Гольцова М.Ю.	
МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ....	87
Ковтун Я.Д.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН.....	91
Козловский А.М. ¹ , Лобанова О.С. ²	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРУШЕНИЙ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЛАКОВ ТОЧЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	96
Колесов С.Н., Лупандин А.В., Недвига А.Г.	
РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДОЗИМЕТРИЯ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	101
Комиссарова Д.К., Согрешилин А.В., Фролов Д.А.	
ВОДОМАТ С ФУНКЦИЕЙ ТОЧНОГО РОЗЛИВА: ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ	106
Котырева М.А.	
ВЛИЯНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОТРУДНИКОВ СЛУЖБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК АО «Ю-ТИ-ДЖИ» НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	110
Курпаков З.С.	
БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРЕИМУЩЕСТВА.....	115

Маркин А.М.

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ ШТАТА
СОТРУДНИКОВ НА МАЛОМ И СРЕДНЕМ ХИМИЧЕСКОМ И
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ 118

Мелехов К.Г., Кириченко К.В.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ
ЖИДКОСТИ В ТРЕХРЕЗЕРВУАРНОЙ СИСТЕМЕ 123

Морозов А.О., Литвинов Д.А., Остров В.Д.

УМНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ КАК НОВАЯ СТУПЕНЬ В РАЗВИТИИ
КОНВЕЙЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ..... 128

Морозов А.О., Мишин И.К., Мариненко Н.А.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ УМНОГО
ПРОИЗВОДСТВА 132

Москалев Д.М.

НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 136

Новоселов А.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА
ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА 140

Осинин В.А., Кириченко К.В.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА 145

Патокин И.В., Сатаев А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗСОДЕРЖАНИЯ С ПОМОЩЬЮ
ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 150

Подорожко А.Е.

АКТИВНАЯ СИСТЕМА ПО ПОИСКУ ИНФРАКРАСНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ..... 153

Саблин А.О.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА И
МИНЕРАЛИЗАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ..... 157

Савельев А.А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОИСКА ПОВЕРХНОСТНЫХ
ДЕФЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... 162

Сафонова А.В.

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАТРАНСПОРТНОЙ
СИСТЕМЫ..... 167

Севрюков Б.О., Чумилин И.Е.

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ 172

Сидоров А.Н.

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ДАННЫХ О КОЛИЧЕСТВЕ
ПРОВЕДЕННЫХ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНУ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
..... 177

Токарева А.Е., Токарев Д.А.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ 180

Хабибуллина Э.Т., Баранова В.С., Козлова Е.А.

КОНЦЕПЦИЯ СОВМЕСТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ
И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ КОТЕЛЬНОЙ..... 183

Хаялиев О.В., Красильникова К.А., Стрючкова М.В.

ИСКУСТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПЛАНИРОВАНИИ
ЛЕСОЗАГОТОВОК: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ И
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ 185

Чаплин Д.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКУРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..... 188

Чаплин Д.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКУРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
.....**Ошибка! Закладка не определена.**

Чумилин И.Е., Севрюков Б.О.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ОСВЕЩЕНИЕМ ТЕПЛИЦ..... 192

Шутка С.С.

СОЗДАНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ МОДЕЛИ СОТРУДНИЧЕСТВА
МЕЖДУ НАУКОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ИННОВАЦИЯМИ И
ПРОМЫШЛЕННЫМ СЕКТОРОМ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ..... 195