

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»

*Национальная конференция с международным участием*  
**Международная научно-техническая  
конференция молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова,  
посвященная 300-летию Российской академии наук**



*Сборник докладов*

*Часть 12*

***Автоматизация и оптимизация технологических процессов  
и производств на базе современных технологий, методов и  
технических средств***

Белгород  
18- 20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

**Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 12. – 322 с.**

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами автоматизации и оптимизации технологических процессов и производств на базе современных технологий, методов и технических средств.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01020-2**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

## Оглавление

Базанова А.П.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВЫХ НАГРУЗОЧНЫХ  
ГРАФИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ  
ДАВЛЕНИЕМ..... 11

Барабашова К.Д.

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКРЕПЕРА  
ДЗ-32..... 16

Василькова А.Н.

ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ  
..... 21

Воржавинова Т.И., Косякова Д.С., Портнова Е.С.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... 23

Гребеник А.Г., Буханов Д.Г.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КОНТУРОВ  
РАСТУЩЕГО КРИСТАЛЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ЕГО  
РОСТА..... 27

Гребеник А.Г., Буханов Д.Г., Харитонов С.Д.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ  
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО САПФИРА..... 31

Дубина Т.В., Мельничук В.К., Ширококов А.Д.

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ..... 35

Дудченко К.Н., Чуев А.В.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ  
НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ..... 40

Езиков П.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО  
КОМПЛЕКСА WEMOS НА ОСНОВЕ ARDUINO ДЛЯ ..... 45

Емельянов В.А., Лыгин М.М., Вичкунин Д.Д.	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЯ РАБОТЫ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ONI A400, С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННОЙ НА ПЛК ONI 1410 .....	50
Комарцова А.В.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АГРЕГАТА АПК-ЮА.	54
Комарцова А.В.	
АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ 5 ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РОССИИ.....	59
Комоза Д.В.	
ДЕФИЦИТ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ВОЗНИКШИЕ ИЗ-ЗА НЕГО ПРОБЛЕМЫ .....	62
Красноперов Н.С.	
КИНЕМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРОМ.....	66
Кривошей Е.С.	
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕНСОРНОЙ СЕТИ VLE-МАЯКОВ И ЗНАЧЕНИЙ УРОВНЕЙ СИГНАЛОВ RSSI.....	69
Кутькина В.Д., Парфенюкова Е.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ .....	73
Лазорин Д.С.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА КЕРНОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	78
Ларских Е.Л., Борисова Е.А.	
ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА.....	80
Ларских Е.Л., Гулевский Д.М.	
ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА СЛЯБЫ .....	83

Лядова Ю.В., Матвеевко Д.С., Пирожкова Е.С.	
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ И РЕАКТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СИНТЕЗА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ .....	86
Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.	
АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗМЕТКИ ОТВОДА .....	92
Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТКИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЗАГОТОВКИ .....	96
Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.	
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРУПНО ГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	100
Макаров А.И., Автамонов В.А., Стрельский Д.А.	
КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВУКТЬЛЬСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....	103
Мартынов П.Н.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАПТ (ПУЛЬСАЦИОННЫЙ АППАРАТ ПРОТОЧНОГО ТИПА) В СОСТАВЕ БИОРЕАКТОРА .....	108
Мартюгин А.В.	
ВЫБОР ГРАНИЦ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ .....	110
Медведев А.А., Гольцова М.Ю.	
ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ НА БАЗЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	115
Мельничук В.К., Дубина Т.В., Ширококов А.Д.	

ОБСЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОГ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ .....	120
Михайлов И.С., Васильев Д.Е., Симакова Е.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ С СИСТЕМОЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ .....	125
Михайлов Н.И.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ. ....	130
Мишенин А.А., Лихолетов И.А.	
ТРАНЗИСТОРНЫЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ.....	136
Незговоров М.С., Рогожников Б.А.	
ПОЛУЧЕНИЕ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	140
Нерубенко Д.Р.	
ЦИФРОВИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ .....	145
Новожен Н.В.	
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ.....	150
Овчарова С.Д.	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧЬЮ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ДИАГРАММ ПОВЕДЕНИЯ .....	153
Огурцов С.Н.	
РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО АЛГОРИТМА МНОГОЗОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА	157
Олигер М.М.	

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА КАМЕР ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ.....	163
Оникийчук К.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБЛАСТИ СТОИМОСТНОГО ИНЖИНИРИНГА.....	169
Пашутин Е.А.	
СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИ ИНЖИНИРИНГЕ, СОПРОВОЖДЕНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ SCADA-ПРОЕКТОВ.....	174
Пекарский П.В.	
РОЛЬ СТАНДАРТОВ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТИПА ТЕРМОПАР ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	178
Пекарский П.В.	
СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ .....	182
Переверзев Д.П.	
ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАТЧИКОВ С МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ САМОКОНТРОЛЕМ .....	186
Пермяков А.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ В ОТРАСЛИ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА .....	190
Петерникова К.Л.	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ .....	194
Пирожкова Е.С., Матвеев Д.С., Лядова Ю.В.	
ПРОИЗВОДСТВО БИТУМНО-ЭПОКСИДНОЙ МАСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХРОТНОГО ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....	198
Подпрятков Д.В., Жигулина Ю.А.	

МОНИТОРИНГ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ..... 203

Половнева Д.О.

МЕТОД КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ КРАСИТЕЛЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ..... 206

Привалов М.С., Ратушный Н.Г., Андроник Н.Н.

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СОСТАВНОГО РЕЗЦА ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА «УРАЛ-20Р»..... 209

Прокопов М.В., Одобеско И.А., Жигулина Ю.А.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «ШКИВ» ..... 218

Романюта М.А.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ ..... 220

Русанов А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЕРКИ МАГНИТНЫХ ТОЛЩИНОМЕРОВ ..... 224

Рыженков М.Б., Лежанко В.А.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЗЛОВОГО РЕМОНТА ЭКСКАВАТОРА..... 229

Савостина Я.А., Парамонова А.А.

ПЕРВЫЕ ШАГИ В ОСВОЕНИИ ЭМУЛЯТОРА СТАНКА С ЧПУ NC-210..... 233

Сильченко С.А.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫТЯГИВАНИЕМ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА..... 237

Сойникова К.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ..... 242



Сырых А.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	245
Тараканова А.Е	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ МЕДИЦИНЫ	248
Тараканова Е.Е.	
РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ .....	251
Ткач В.А., Чеботаева А.А.	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	254
Трегуб О.С., Ратушный Н.Г.	
РОБОТИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ .....	258
Ульбашев В.В.	
ПРОГРАММА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫМ МАКЕТОМ КРАНА В СРЕДЕ PROCESSING .....	263
Ушаков К.А., Копьёв М.О., Чеботаев Н.А.	
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВАЛ-ВТУЛКА».....	267
Фахрутдинов А.Р., Исмоилов Р.Б., Трифонов Е.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	273
Хаертдинова А.И.	
СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ.....	276
Чабаненко А.В.	
AUTOMATION IN PRODUCTION .....	278
Черный Б.В.	

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧЬЮ .....	283
Черных В.С.	
КАК ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГАЮТ ОПТИМИЗИРОВАТЬ ВРЕМЯ ЧЕЛОВЕКА.....	289
Чуев А.В., Дудченко К.Н.	
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДЪЕМА ВОДЫ ИЗ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ .....	292
Шамгулов Р.Ю., Гридчин Ю.С., Гончаров А.Н.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГРУЗКИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ .....	296
Шахова А.В., Барашков И.А., Литовка В.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА .....	300
Шептун К.Р.	
НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....	303
Шкарина А.И.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ...	307
Шкиль А.Д., Гольцова М.Ю.	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТООПЕРАТОРАМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЦИНКОВАНИЯ И ХРОМИРОВАНИЯ .....	313
Яковлева А.А.	
СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТОВ ИРС .....	317

*УДК 621.01*

*Базанова А.П.*

*Научный руководитель: Крюков В.А., д-р техн. наук, проф.  
Тульский государственный университет, г. Тула, Россия*

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВЫХ НАГРУЗОЧНЫХ ГРАФИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ**

Исследование динамических процессов является одним из наиболее важных этапов при проектировании современных машин. При этом решаются две взаимосвязанные задачи [1, 2]. Первая задача – динамический анализ – позволяет оценить динамические нагрузки на элементы машины, необходимые для дальнейшего расчета деталей машины на прочность и жесткость, получить исходные данные для расчета вибраций, уровня шума и решения ряда других задач. Основной целью второй задачи – динамического синтеза – для машин циклового действия является снижения уровня колебаний в машине до заданного уровня. Традиционные конструкторские методы снижения уровня колебаний хорошо известны. К ним относятся: установка маховика, использование систем автоматического регулирования, использование тормозных регуляторов [1].

Новые, менее известные возможности, для снижения уровня колебаний в таких машинах открывает использование принципа многопоточной передачи энергии. Одним из характерных примеров таких машин являются автоматические роторные линии для выполнения технологических операций обработки давлением. Многопоточность в таких машинах достигается за счет расположения нескольких позиций на роторе и использования нескольких последовательно расположенных роторов.

Теоретические основы такого подхода были рассмотрены в работах [3, 4]. Силы технологического сопротивления в машинах циклового действия, являющиеся основным источником колебаний, имеют периодический колебательный характер. Механическая характеристика технологической силы в этом случае будет описываться периодической функцией и может быть разложена в ряд Фурье. Добавляя начальный относительный сдвиг фаз для суммируемых сил можно уменьшить амплитуды колебаний суммарной силы на определенных гармониках, а в ряде случаев, свести их к нулю. Аналогичным образом решаются задачи уменьшения колебаний в

многоцилиндровых двигателях внутреннего сгорания [5] и многопоточных зубчатых передачах [6, 7].

Первым подготовительным этапом для такого решения задачи снижения колебаний является спектральный анализ возмущающих (в данном случае, технологических) сил.

Большинство нагрузочных графиков штамповочных операций [8] могут быть представлены в виде нескольких типовых графиков. Пример одного из таких графиков представлен на (рисунке 1).

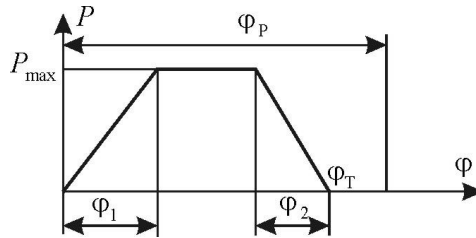


Рис. 1 Пример типового графика

На рисунке обозначены:  $\varphi$  – текущий угол поворота ротора;  $P$  – технологическое усилие;  $P_{\max}$  – максимальная технологическая сила;  $\varphi_p$  – рабочий цикл;  $\varphi_T$  – технологический цикл;  $\varphi_1$   $\varphi_2$  – углы, определяемые на основе конкретной технологической операции.

В аналитической форме этот график можно описать функцией

$$P(\varphi) = \begin{cases} P_{\max} \frac{\varphi}{\varphi_1} & \text{при } 0 \leq \varphi < \varphi_1; \\ P_{\max} & \text{при } \varphi_1 \leq \varphi < \varphi_T - \varphi_2; \\ P_{\max} \frac{\varphi_T - \varphi}{\varphi_1} & \text{при } \varphi_T - \varphi_2 \leq \varphi < \varphi_T; \\ 0 & \text{при } \varphi_T \leq \varphi < \varphi_p. \end{cases} \quad (1)$$

Период функции  $P(\varphi)$  равен рабочему циклу  $\varphi_p$ . Периодическую функцию  $P(\varphi)$  можно разложить в ряд Фурье [9]

$$P(\varphi) = b_0 + \sum_{k=1}^n [a_k \cdot \sin(k\omega\varphi) + b_k \cdot \cos(k\omega\varphi)], \quad (2)$$

где частота  $\omega = 2\pi / \varphi_p$ .

Коэффициенты ряда Фурье определяются зависимостями:

$$b_0 = \varphi_p^{-1} \int_0^{\varphi_p} M(\varphi) d\varphi;$$

$$a_k = 2\varphi_p^{-1} \int_0^{\varphi_p} M(\varphi) \sin(k\omega\varphi) d\varphi;$$

$$b_k = 2\varphi_p^{-1} \int_0^{\varphi_p} M(\varphi) \cos(k\omega\varphi) d\varphi.$$

Коэффициент  $b_0$  представляет собой среднее значение силы технологического сопротивления.

Выполняя интегрирование функции (1), получим

$$a_k = \frac{P_{\max}}{2} \cdot \frac{\lambda_2 \sin(2\pi k \lambda_1) - \lambda_1 \{ \sin[\pi k (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)] + \lambda_1 \sin[\pi k (\lambda_2 - \lambda_1 - \lambda_3)] \}}{\pi^2 k^2 \lambda_1 \lambda_2};$$

$$b_k = P_{\max} \cdot \frac{-\lambda_2 \sin(\pi k \lambda_1)^2 + \lambda_1 \sin[\pi k (\lambda_1 + \lambda_3)] \sin(\pi k \lambda_2)}{\pi^2 k^2 \lambda_1 \lambda_2}; \quad b_0 = P_{\max} \frac{\lambda_3}{2},$$

где относительные коэффициенты:

$$\lambda_1 = \frac{\varphi_1}{\varphi_p}; \quad \lambda_2 = \frac{\varphi_2}{\varphi_p}; \quad \lambda_3 = \frac{2\varphi_T - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\varphi_p}.$$

Для построения амплитудного спектра определяем амплитуду колебаний силы на  $k$ -ой гармонике,

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}. \quad (3)$$

В качестве примера на (рисунке 2) показан амплитудный спектр, построенный для операции вытяжки при следующих исходных данных:  $P_{\max} = 26000 \text{ H}$ ;  $\varphi_1 = 11,25^0$ ;  $\varphi_2 = 9^0$ ;  $\varphi_T = 36^0$ ;  $\varphi_p = 45^0$ .

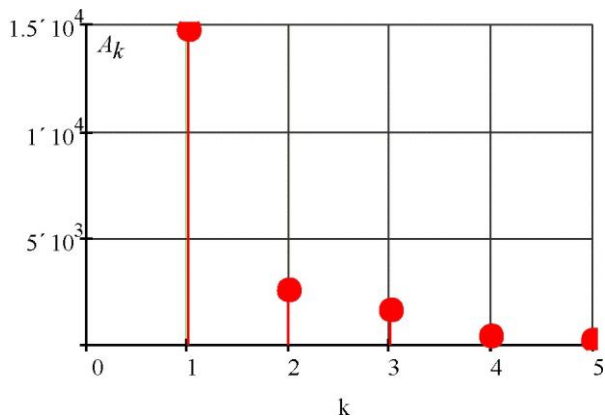


Рис. 2 Амплитудный спектр

Отсюда видно, что амплитуды колебаний на третьей и высшей гармонике незначительны, и при проведении динамического анализа ими можно пренебречь.

На распределение амплитуд гармоник колебаний влияют многие факторы. Наибольшее влияние оказывает соотношение рабочего и технологического циклов. Для оценки этого влияния введем дополнительный коэффициент  $\lambda = \varphi_T / \varphi_p$ . Тогда  $\lambda_3 = 2\lambda - \lambda_1 - \lambda_2$ . Так как изменение коэффициента  $\lambda$  приведет к изменению среднего значения силы технологического сопротивления, то для оценки уровня колебаний используем коэффициент неравномерности момента, равный отношению амплитуды колебаний на  $k$ -ой гармонике к среднему значению,

$$\delta_k(\lambda) = \frac{A_k(\lambda)}{b_0(\lambda)}. \quad (5)$$

На (рисунке 3) представлены графики зависимости коэффициентов неравномерности моментов от коэффициента  $\lambda$  на первых трех гармониках, построенные при исходных данных, приведенных выше, при изменении коэффициента  $\lambda$  в пределах от 0,5 до 1.

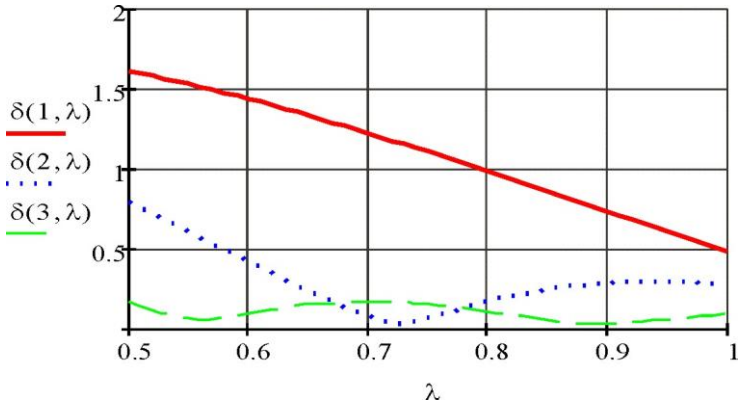


Рис. 3 Зависимость коэффициента неравномерности момента от соотношения рабочего и технологического циклов

Коэффициент неравномерности на первой гармонике монотонно убывает при увеличении технологического цикла и приближении его к рабочему циклу. Однако реализовать значение коэффициента  $\lambda$  близкое к единице не всегда возможно, так как в роторных машинах, кроме основной технологической операции необходимо предусмотреть возможность выполнения вспомогательных операций. Зависимости коэффициента неравномерности на второй и третьей гармонике более сложные, что создает предпосылки для постановки и решения в дальнейшем задачи оптимизации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин. М.: Изд-во Юрайт, 2020. 432 с.
2. Крюков В.А. Теория, моделирование и синтез приводов автоматических роторных линий для обработки давлением: дис. ... доктора технических наук. Тула, 2000. 424 с.
3. Корнюхин И.Ф., Крюков В.А., Пашин А.А. Снижение уровня колебаний механической системы с однотипными возмущениями // Известия высших учебных заведений СССР. Машиностроение. 1986. № 6. С. 30-34.
4. Крюков В.А., Прейс В.В. Построение привода исполнительных органов роторной технологической машины с учетом уравнивания мощности // Машиностроение и техносфера XXI века, Донецк, 13–18

сентября 2004 года. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2004. С. 121-124.

5. Бицено Л.Б., Граммель Р. Техническая динамика. Т. II, М.-Л.: Гостехиздат., 1952. 638 с.

6. Крюков В.А., Савельева Л.В. Характеристики асинфазного движения в двухпоточной цилиндрической зубчатой передаче // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 7. С. 224-237.

7. Сидоров П.Г., Пашин А.А., Плясов А.В. Асинфазное движение в потоках мощности как эффективное средство повышения нагрузочной способности планетарных передач // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2011. № 7(172). С. 28-32.

8. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Добринский Н.С. и др. Кузнечно-штамповочное оборудование. М.: Машиностроение, 1982. 576 с.

9. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) М.: Машиностроение, 1978. Т. 1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Болотина. 1978. 352 с.

**УДК 621.878.6**

***Барабашова К.Д.***

***Научный руководитель: Романович А.А., д-р техн. наук.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **РАСШИРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКРЕПЕРА ДЗ-32**

Скрепер является землеройно-транспортной машиной с ковшовым рабочим органов циклического действия, который предназначен для послойной разработки, транспортирования, а также укладки грунта с его разравниванием и частичным уплотнением в отвал либо земляное сооружение. [1]

«Скреперы считаются главными машинами, которые используют для разработки грунта и подготовки строительной площадки под разные сооружения и объекты, они осуществляют 70% всех работ по подготовке земельного полотна на одном объекте и более 15% всех выполненных землеройно-транспортных работ в целом.»

Данные машины рационально использовать на вытянутых строительных объектах или там, где место выгрузки удалено на



определенном расстоянии, которое бы не превышало 4 км, где применение бульдозеров или автогрейдеров не целесообразно. Нередко данные машины используют при возведении аэродромов, автотрасс или же отдаленных строительных объектов, кроме того это оборудование стремительно используется при возведении выемок, насыпей и траншей, в карьерах, но значительную часть работ занимает снятие верхнего растительного слоя и транспортирование его к месту выгрузки.

Наиболее подходящим методом применения данной спецтехники на строительных площадках является разрезание почвы слоями и транспортировка в нужное место; режущий слой можно регулировать с помощью угла установки лезвия, регулируемого гидравлическим цилиндром. В то время как скрепера используют для улучшения категорий почв I—IV, перед рассматриваемой машиной могут быть установлены дополнительные буксиры или бульдозеры для увеличения тягового усилия и повышения эффективности. [2,6]

Далее рассмотрим технологический процесс скрепера при послойном снятии грунта и растительного слоя:

- зарезание верхнего слоя с одновременным его перемещением в ковш за счет сил инерции;
- затем следует закрыть заслонку и приподнять ковш, создавая транспортное положение и перемещение к месту разгрузки;
- после этого происходит процесс разгрузки путем открывания стенки и движения скрепера, а также конструкция предусматривает подвижную заднюю стенку, которая проталкивает грунт по ковшу;
- завершающим этапом является возвращение скрепера к месту забора грунта. [3]

Следует отметить, что это наиболее эффективная землеройно-транспортная машина, так как эта техника обладает высокой производительностью при рытье, а также способна выдерживать нагрузку, что позволяет значительно сократить время работы и большое количество техники, необходимых для выполнения такого же объема работ. Транспортировка осуществляется на определенном расстоянии в зависимости от типа скрепера и объема ковша, например, рекомендуется использовать прицепной скрепер, если транспортировка не превышает 400 метров, однако для перемещения на расстояние выше 1 км необходимо использовать самоходные транспортные средства, а самое длинное расстояние должно достигать 7 км. В зависимости от объекта строительства устанавливаются конкретные задачи по подготовке участка к дальнейшему строительству участка, именно поэтому скрепки могут срезать грунт с 0,1-0,6 метра за один проход.

Любой скрепер в своем составе имеет основные рабочие элементы, который помогают данной техники демонстрировать высокие показатели работ. Причиной такого результата является рабочее оборудование, которое включает в себя ковш с подвижными стенками, крепления к раме, и гидроаппаратурой управления; их ходового оборудования или тягача, которое осуществляет тяговое усилия, содержит агрегат и трансмиссию для распределения мощности и др. органы управления. [4]

Однако одним из недостатков в работе скрепера, снижающим его производительность, является неполное заполнение его ковша грунтом.

На сегодняшний день многие ученые предложили различные конструктивно-технологические решения, позволяющие повысить производительность скрепера.

Наиболее эффективным и легко реализуемым является техническое решение за счет установки элеваторной загрузки и механизма выдвижения задней стенки.

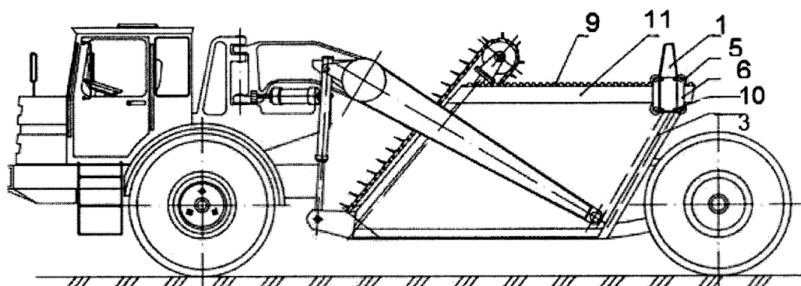


Рис. 1 Общий вид скрепера с элеваторной загрузкой и предлагаемым механизмом выдвижения задней стенки: 1 – рама; 2 – планетарный гидромотор-редуктор; 3 – задняя стенка; 4 – шестерни; 5 – колеса; 6 – ходовая тележка; 7 – боковые стенки ковша; 8 – ролики; 9 – зубчатая рейка; 10 – болты; 11 – боковые балки ковша

Заявляемая задняя стенка 3 скрепера с элеваторной загрузкой жестко закреплена на раме 1, которая в свою очередь обеспечивает вертикальное передвижение задней стенки, несмотря на сильное сопротивление грунта. Рассматриваемый механизм выдвижения задней стенки установлен на тыльной стороне задней стенки и оборудован двумя планетарными гидромотор-редукторами 2 с шестернями 4, которые находятся в зацеплении с зубчатыми рейками 9 верхних боковых балок ковша 11, установленных на верхних кромках боковых стенок ковша 7 параллельно его днищу. На боковинах задней стенки

посредством болтов 10 закреплены ходовые тележки 6 с четырьмя колесами 5, которые попарно охватывают верхние боковые балки ковша снизу и сверху, причем дорожки качения верхних пар колес располагаются рядом с зубчатой рейкой. Задняя стенка опирается на днище боковые стенки ковша посредством роликов 8.

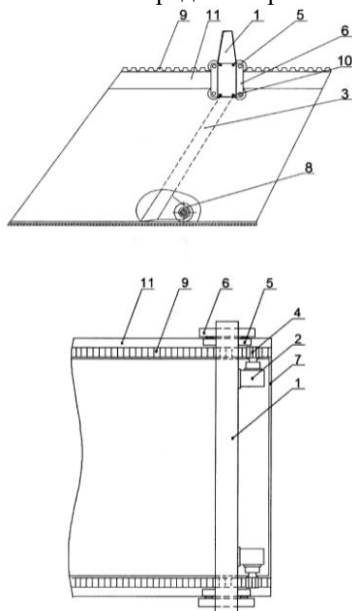


Рис. 2 Вид сбоку и сверху: 1 – рама; 2 – планетарный гидромотор-редуктор; 3 – задняя стенка; 4 – шестерни; 5 – колеса; 6 – ходовая тележка; 7 – боковые стенки ковша; 8 – ролики; 9 – зубчатая рейка; 10 – болты; 11 – боковые балки ковша

Механизм выдвижения задней стенки работает следующим образом. Работаящие гидромотор-редукторы 2, шестерни которых 4 входят в зацепление с зубчатыми рейками 9, перемещают заднюю стенку 3 ковша, а возврат обеспечивается реверсом вращающихся шестерен 4, которые обеспечивают вертикальное перемещение данной стенки.

Таким образом, для того чтобы повысить эффективность скрепера, следует установить механизм выдвижения задней стенки, который включает в себя заднюю стенку, опирающуюся на ковш с помощью роликов, раму задней стенки, опирающуюся, посредством роликов, на продольную балку ковша и телескопический гидроцилиндр выдвижения задней стенки. Такой механизм гарантирует простоту

конструкции, сокращение продольного габарита скрепера. Минусом представленной полезной модели стало то, что механизм воспринимает меньшие нагрузки нежели с использованием гидроцилиндра, а также исключает возможность контроля положения. [5]

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А.А. Машины для производства земляных работ / А.А. Богомолов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. с. 226-234.
2. Сабуренков, С.Е. Изучение конструкции и выбор скреперов. Формирование и сопоставление комплектов «скреперы – толкач»: методические указания к лабораторной и практической работе / С.Е. Сабуренков, В.М. Коншин, Е.С. Локшин. – М.: МАДИ, 2018. с. 3-6.
3. Коробейников П.Г. Вскрышные работы колесными скреперами / Коробейников П.Г. – М. 1970. с. 75-105.
4. Демиденко А.И. Повышение эффективности скреперных агрегатов: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / А. И. Демиденко - Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. с. 81-96.
5. Пат. 183240U1 Рос. Федерация, МПК E02F 3/64. Механизм выдвижения задней стенки скрепера / С.В. Репин, Е.А. Клюева, К.В. Рулис, А.В. Зазыкин; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет". № 2018118859; заявл. 22.05.2018; опубл. 14.09.2018, Бюл. № 26.
6. Пахомов, Е. Г. Новая конструкция узла резания ковша / Е. Г. Пахомов, Д. Г. Дьяченко, А. А. Романович // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 2750-2755.
7. Романович, А. А. Безопасность технологического оборудования и процессов: Конспект лекций / А. А. Романович, Л. Г. Романович. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – 144 с.

*Василькова А.Н.*

*Научный руководитель: Виноградова А.В., канд. экон. наук, доц.  
Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
г. Смоленск, Россия*

## **ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Большинство проектов, выполняемых в сфере производства продуктов питания, предназначены для достижения конкретной бизнес-цели, относящейся к сфере качества продукции и непрерывного улучшения процессов производства. Во многих крупных организациях есть менеджеры, чьи проекты в основном сосредоточены на реализации проектов «бережливое производство + шесть сигм», которые направлены на внедрение и обеспечение эффективных операционных процедур. Существуют пять основных принципов или законов «бережливого производства + шесть сигм»:

- закон рынка (клиентоориентированность);
- закон гибкости;
- закон сосредоточенности;
- закон скорости (сложность услуг может привести к ухудшению качества или снижению скорости);
- закон сложности (будь проще) [1].

Каждый успешный специалист в индустрии продуктов питания постоянно применяет метод «бережливое производство + шесть сигм» на практике. Таким образом, происходит поиск проблем, которые затрагивают клиентов, анализ проблем, чтобы найти первопричину, и внедрение решений, для того чтобы улучшить процесс производства и удовлетворить клиентов.

Менеджерам в сфере производства продуктов питания необходимо постоянно участвовать в проектах, используя инструменты и методы управления проектами, которые предназначены для улучшения бизнеса. Так как в первую очередь менеджер, выполняет роль координатора, основной целью которого является, предоставление выдающихся продуктов и услуг.

Инструменты и методы управления проектами, которые используются в каждом проекте, включают в себя всё, что предлагается в полном руководстве по управлению проектами (инициация, планирование, реализация, мониторинг контроль и завершение). На рисунке 1 представлены фазы жизненного цикла проекта. Обладая

глубоким пониманием управления проектами, технологии лучше всего использовать, для функции, которая заключается в общении с восходящими, боковыми и нисходящими каналами коммуникации на протяжении всего жизненного цикла проекта. Управление проектами в сфере производства продуктов питания хорошо выполняется на уровне подразделения внутри организации [2].

Так же, менеджеры на практике используют метод «шесть сигм», который предполагает использование важнейших принципов:

- стремление к формированию стабильного и предсказуемого прохождения процессов для повышения результативности бизнеса;
- данные и показатели, характеризующие прохождение производственных процессов и бизнес-процессов, должны быть измеряемыми, управляемыми и улучшаемыми, а также отражать оперативные изменения;
- необходимо активное вовлечение сотрудников на всех уровнях, для обеспечения непрерывного улучшения качества;
- ориентация на процессы вместо функциональной ориентации, процессное управление и постоянное совершенствование процесса;
- управление, основанное на договорённости о целях;
- прозрачность внутрикорпоративных барьеров, управление без барьеров.
- операции, связанные с производством продуктов питания, используются в рамках функциональной организационной структуры.

ФАЗЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТА

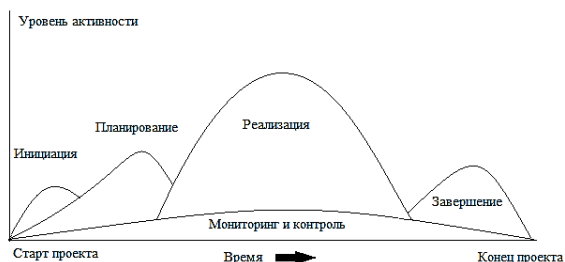


Рис. 1 Фазы жизненного цикла проекта

Как правило, предприятия по производству продуктов питания не имеют альтернативы, кроме как привлекать к работе менеджеров проектов, практически не имеющих опыта работы с продуктами питания, и именно это делает выполнение проектов трудным. Если же в

индустрии продуктов питания есть продакт-менеджеры, которые имеют опыт работы с малыми и средними предприятиями, это создаёт огромную возможность для профессионального роста в крупной корпоративной среде.

Менеджеры проектов работают каждый день над своими проектами, и если у них будет достаточно знаний и инструментов, которые помогут им более эффективно управлять этими проектами, у них появиться больше времени, чтобы сосредоточиться на своей важной роли - управление своими операциями. Не каждый проект должен включать подробные и сложные диаграммы Гантта, но все они должны следовать основным принципам управления проектами и иметь чётко установленные исходные данные в отношении графика, стоимости и объёма.

Для того чтобы, стать хорошим специалистом в индустрии продуктов питания необходимо, обладать такой чертой характера, как установка на карьерный рост, это позволит изучать принципы, связанные с непрерывным улучшением процессов производства.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством: учебник. С.: Лань, 2020. 180с.
2. Ципес Г.Л., Товб А.С., Нежурина м.И., Коротких М.Г. Управление проектами в современной организации: учебное пособие. М.: МИСиС, 2019. 264с.

*УДК 691.69*

*Воржавинова Т.И., Косякова Д.С., Портнова Е.С.  
Научный руководитель: Жариков И.С., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

При строительстве железобетонных конструкций, вместе с соблюдением проектных требований к строительному объекту, должны соблюдаться требования к обеспечению безопасности на стадии строительства эксплуатации зданий. Поэтому основным фактором

является обязательное исследование работы отдельных конструктивных элементов железобетонных конструкций.

Проанализируем особенности организации работы по проведению обследования при использовании конструктивных элементов с обнаруженными дефектами. В качестве объекта представим конструктивный элемент – железобетонные колонны.

В рассматриваемом конструктивном строительном элементе обнаружены дефекты:

Дефект 1. В железобетонной колонне имеются поперечные трещины

Дефект 2. Вследствие сколов бетона наблюдается коррозия арматуры.

Дефект 3. Расчетное сопротивление бетона, которое рассчитано неразрушающим методом ниже проектного бетона.

Оценка возможности использования конструктивных элементов с представленными выше дефектами проводится на основе СП 70.13330.2012 [6].

При обнаружении дефекта производится, в соответствии с п. 4.10 СП 70.13330.2012.

При оценке возможных дефектов контроль прочности бетона проводится статистическими методами по ГОСТ 31914[5], ГОСТ 18105[1], применяя неразрушающие методы определения прочности бетона по ГОСТ 22690 [4] и ГОСТ. 17624[3].

При операционном контроле проводится проверка каждого арматурного элемента, при приемочном контроле производится выборочная проверка в объеме 10%. При выявлении недопустимых, отклонений в ходе выборочного приемочного контроля назначается сплошной контроль. При проведении контроля состояния закладных и арматурных изделий, сварных соединений проверяют визуально каждое изделие на предмет отсутствия наледи, инея, ржавчины, окалины, загрязнения бетоном, следов масла, отслаивающейся сплошной поверхностной коррозии и ржавчины.

В проектном возрасте при контроле прочности бетона конструкций неразрушающими методами проводится неразрушающий сплошной контроль прочности бетона всех конструкций контролируемой партии [8, с.76]. На основании ГОСТ 18105, число участков испытаний должно быть не менее:

- трех для плоских конструкций на каждую захватку (перекрытие, стена, плита фундаментная);
- одного на 4 м длины (или три на захватку) для каждой горизонтальной линейной конструкции (ригели, балка);



– шести на каждую конструкцию - для вертикальных линейных конструкций (пилон, колонна).

Число измерений, которые проводятся на каждом контролируемом участке, принимают в соответствии ГОСТ 17624 или ГОСТ 22690.

При использовании конструкций с дефектами они подвергаются обязательно испытанию согласно проекту производства работ, на испытания с оформлением соответствующего акта испытаний железобетонных конструкций.

В настоящий период времени распространение получает применение технологии автоматизации при осуществлении оценки работы отдельных конструктивных элементов многоэтажных жилых зданий.

На рынке имеются ряд предложений систем цифрового управления строительством. Компания СОДИС ЛАБ разработала систему LementPro. Система позволяет вести цифровой контроль (рисунок 1).

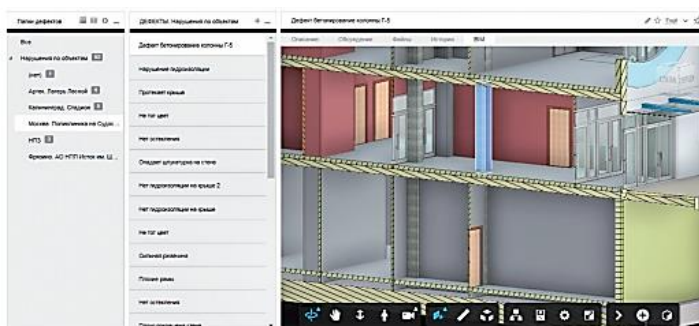


Рис.1 Единый реестр нарушений в системе цифрового контроля LementPro

При этом решаются следующие задачи:

- планирование инспекций;
- формирование чек-листов; регистрация нарушений;
- формирование предписаний, актов операционного контроля;
- приемка выполненных работ;
- проверка и согласование исполнительной документации.

Имеется возможность получения полной информации о статусе объекта и любого элемента на основании BIM-модели: ведутся ли работы, заняты ли помещения, состояние оборудования и строительных элементов и т. д.

Лабораторная информационная система компании УралНИИСтром (ЛИС) автоматизирует основные процессы обследования

железобетонных конструкций, как со стороны испытательной лаборатории, так и со стороны заказчика – строительной компании. ЛИС содержит более 30 модулей, отвечающих за хранение, обработку и представление данных испытательной лаборатории, и призванных минимизировать время выполнения всех бизнес-процессов, а также на 100 процентов предотвратить возможность появления в результатах испытаний ошибок, вызванных влиянием человеческого фактора (система имеет 5 уровней проверки результатов испытаний).

Система позволяет реализовать такие процессы, как:

- автоматизация процесса формирования актов освидетельствования на основании записей журналов выполненных работ: скрытых работ, ответственных конструкций, участков сетей и систем инженерно-технического обеспечения и пр.;

- возможность просмотра сопутствующих приложений: документов о качестве, протоколов лабораторных испытаний, исполнительных геодезических схем и др.;

- интеграция со сметными программными продуктами (ГРАНДСмета, 1С: Смета, ВинРик) путем импорта сметных расчетов в формате XML, а также справочник строительных материалов.

Таким образом, актуальность проведения исследования работы отдельных конструктивных элементов железобетонных конструкций несомненна: данное исследование позволяет избежать возможных аварий на строительных площадках, обрушения конструктивных элементов железобетонных конструкций и пр.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 18105-2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

2. ГОСТ 28570-2019 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций

3. ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

4. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

5. ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества

6. СП 70.13330.2012 – Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции.

7. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции.

Основные положения. СНИП 52-01-2003

8. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов: учеб. пособие / К.Н. Попов, М.Б. Кадло, О.В. Кульков. - М.: Высшая школа, 2004. - 287 с.

9. Теория и практика инвестиционно-строительной деятельности на современном этапе: учебное пособие / И.П. Авилова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 96 с.

*УДК 004.932*

*Гребеник А.Г., Буханов Д.Г.*

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

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КОНТУРОВ РАСТУЩЕГО КРИСТАЛЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ЕГО РОСТА**

Сапфир – материал, обладающий высочайшей стойкостью к тепловому воздействию, оптической прозрачностью в широком диапазоне длин волн (включая видимый, ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны) и устойчивый в кипящих растворах агрессивных кислот. Такой набор качеств обеспечивает огромный интерес в различных областях науки, техники, медицины и биологии к данному материалу.

Наиболее распространенным методом выращивания кристаллов искусственного сапфира в настоящее время является модифицированный метод Киропулоса [1, 2], а одна из важнейших задач, стоящих перед производителями – полная автоматизация всего производственного цикла синтеза кристаллов. На данный момент такая возможность не реализована ни одним производителем в виду сложности протекающих физико-химических процессов, агрессивных условий для измерительного оборудования и недостаточности научной проработки вопроса.

В последнее десятилетие требования к качеству монокристаллов сапфира (высокая оптическая однородность и прозрачность в широком диапазоне длин волн, слабое светорассеивание, малые остаточные механические напряжения в сочетании с хорошими механическими, термическими и диэлектрическими свойствами) ужесточаются в связи с расширением сферы их применения [3...6].

На основании результатов научных исследований, представленных в работе [7], можно сделать вывод о том, что скорость разрастания кристалла, подбираемая в процессе затравления, является одним из ключевых параметров, влияющим на его качественные характеристики. Тем не менее, именно этот этап технологического процесса производства наиболее слабо проработан в плане автоматизации [8, 9].

Для устранения данного недостатка предлагается разработка и внедрение автоматизированной системы управления на основе визуальной информации, получаемой посредством применения системы технического зрения для исключения влияния человеческого фактора, повышения качества готовой продукции и обеспечения повторяемости процесса.

При разработке модуля детектирования контуров растущего кристалла и определения скорости его роста в качестве источников получения изображений использовались промышленные ip-камеры, производимые фирмой Basler и обладающие интерфейсом Gigabit Ethernet – наиболее распространенным интерфейсом камер, предназначенных для промышленных систем обработки изображений. Тестирование системы производилось с использованием камер аса-1300-30gm и piA 1600-35gm. Применение данных камер, обеспечивающих получение более 30 кадров в секунду, позволяет в реальном масштабе времени отслеживать и контролировать динамику изменения радиуса растущего кристалла при разрачивании его верхней части до максимального диаметра.

Одним из основных критериев выбора камер является получение качественных изображений в условиях мощного светового потока, возникающего из-за высоких температур внутри ростовой установки (около 2030°C).

Основной задачей, решаемой разрабатываемой системой, является получение сведений о границе «кристалл-расплав» и определение радиуса растущего кристалла, который служит ключевым параметром для выработки управляющего воздействия. В связи с этим, наиболее важным этапом является определение границы, которая, во-первых, видна не полностью, а, во-вторых, представляет собой не дугу окружности (рисунок 1-б), а некую кривую (рисунок 1-а).

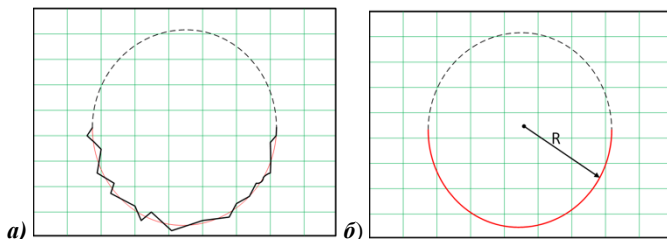


Рис. 1 Схематичное изображение наблюдаемой границы «кристалл-расплав»

Для определения границы раздела фаз был применен метод контурного анализа Morphological Geodesic Active Contours (MorphGAC) [10, 11]. Данный метод подходит для изображений с видимыми контурами, даже если эти контуры зашумлены или являются частично нечеткими. Для выделения контуров требуется, чтобы изображение было предварительно обработано. Полученная в результате в виде массива точек с координатами (X, Y) граница (рисунок 2-а) обрабатывается с целью нахождения окружности, которой соответствует максимальное количество этих точек (рисунок 2-б). Радиус этой окружности с высокой степенью вероятности является радиусом кристалла. Для исключения влияния артефактов, возникающих на изображениях, происходит усреднение результатов работы алгоритма за регулируемый оператором промежуток времени.

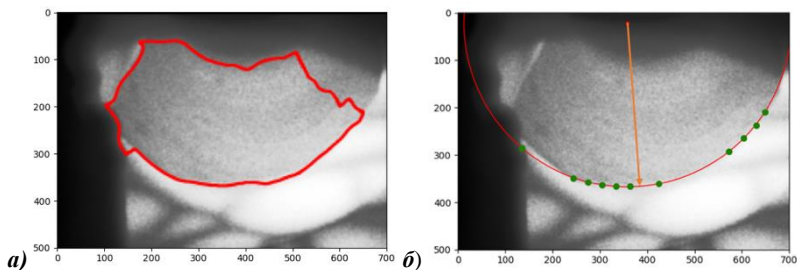


Рис. 2 Результаты работы модуля:

а – результат работы алгоритма поиска контуров; б – результат работы алгоритма определения окружности

Определение радиуса найденной окружности на каждой итерации выполнения подпрограммы и нахождение разности между текущим и предыдущим значением позволяет судить о скорости роста кристалла.

Таким образом, в работе предложен подход к автоматизации процесса затравления монокристаллов искусственного сапфира при

производстве модифицированным методом Киропулоса. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о возможности применения метода контурного анализа Morphological Geodesic Active Contours для решения задач определения границ раздела фаз «кристалл-расплав». Это дает возможность автоматического расчета скорости роста кристалла в режиме реального времени и своевременного осуществления выработки управляющих воздействий. Применение подхода уменьшает влияние человеческого фактора на процесс затравления, снижает зависимость от квалификации и психофизического состояния оператора, а также сокращает процент брака готовой продукции. Полученные в ходе проведения экспериментов результаты позволяют судить о состоятельности предложенного подхода к автоматизации процесса производства синтетического сапфира модифицированным методом Киропулоса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Demina S. E. et al. Numerical analysis of sapphire crystal growth by the Kyropoulos technique //Optical Materials. – 2007. – Т. 30. – №. 1. – С. 62-65.
2. Bliss D. F. Evolution and application of the Kyropoulos crystal growth method //50 years Progress in Crystal Growth. – 2004. – С. 29.
3. Татарченко, В.А. Устойчивый рост кристаллов / В. А. Антонович. - М.: Наука, 1988, 240 с.
4. Клунникова Ю. В. Модель влияния параметров технологического процесса получения сапфира на качество кристаллов //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 108. – №. 7. – С. 198-203.
5. Малюков С. П., Клунникова Ю. В. Информационная и экспертная системы оптимизации производства сапфира //Программные продукты и системы. – 2013. – №. 2. – С. 239-242.
6. Малюков С. П., Клунникова Ю. В. Оптимизация производства отечественного сапфира //Современная электроника. – 2015. – Т. 5. – №. 6. – С. 24.
7. Как выращивают кристаллы. Краткий обзор. [Электронный ресурс]. URL: [http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods\\_kristallov\\_5.2.pdf](http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods_kristallov_5.2.pdf) (дата обращения: 10.04.2022).
8. Petrosyan V. A. et al. The problem of creating an automated system to control growth of single crystal sapphires from melt as a problem of control and monitoring of a complex nonlinear and dynamic system //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 124. – С. 05013.

9. Белоусов А. В., Кошлич Ю. А., Гребеник А. Г. Об одном подходе к автоматизации процесса затравления монокристаллов синтетического сапфира по методу Киропулоса //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 3. – С. 128-133.

10. Vasconcelos F. F. X. et al. Automatic skin lesions segmentation based on a new morphological approach via geodesic active contour //Cognitive Systems Research. – 2019. – Т. 55. – С. 44-59.

11. Medeiros A. G. et al. A new fast morphological geodesic active contour method for lung CT image segmentation //Measurement. – 2019. – Т. 148. – С. 106687.

*УДК 004.932*

*Гребеник А.Г., Буханов Д.Г., Харитонов С.Д.  
Научный руководитель: Кошлич Ю.А., канд. техн. наук  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО САПФИРА**

Искусственный сапфир представляет собой твердый, монокристаллический, прозрачный материал, получаемый из расплава оксида алюминия [1]. Химический состав синтетического монокристалла сапфира идентичен природному, однако не содержит веществ, которые придают ему разнообразные оттенки и представляет огромный интерес в различных областях науки, техники, медицины и биологии.

В настоящее время, согласно маркетинговым исследованиям [2], наиболее популярным методом выращивания кристаллов искусственного сапфира является модифицированный метод Киропулоса [3, 4], а одна из важнейших задач, стоящих перед производителями – полная автоматизация всего производственного цикла синтеза кристаллов.

Ключевым этапом производства, оказывающим существенное влияние на качество продукции, является этап затравления [5]. На данном этапе после опускания затравочного кристалла в расплав происходит подбор температурного режима, который в дальнейшем позволит обеспечить стабильный рост кристалла нужной формы. В

процессе такого регулирования при неоднократном вытягивании расплава на затравку образуются перетяжки. В ходе подбора температурного режима оператором осуществляется регулирование подаваемой на нагреватель ростовой установки мощности с целью обеспечения такого температурного режима, при котором не происходит расплавления перетяжек и, в то же время, не наблюдается слишком быстрый рост кристалла, так как скорость его разрастания, подбираемая в процессе затравления, является одним из ключевых параметров, влияющим на его качественные характеристики. Тем не менее, данный этап технологического процесса производства синтетического сапфира наиболее слабо проработан в плане автоматизации [6]. В силу отсутствия возможности точного измерения температуры расплава, регулирующие воздействия осуществляются на основании данных о потребляемых напряжениях, силе тока и мощности, а также результатах визуального контроля, осуществляемого оператором через смотровое окно, представляющее собой отверстие в малой крышке теплового узла установки, сделанное под углом и закрытое несколькими слоями стекла [7]. Для удачного осуществления затравления оператор должен решить ряд задач, основными из которых являются контроль геометрических параметров получаемого кристалла по форме перетяжек и обеспечение стабильности роста, что влечет за собой влияние человеческого фактора, в частности профессионализма оператора, на технологический процесс и, как следствие, качество конечного продукта.

Таким образом, для автоматизации процесса затравления при производстве кристаллов синтетического сапфира модифицированным методом Киропулоса, предлагается разработка и внедрение автоматизированной системы управления на основе визуальной информации, получаемой посредством применения системы технического зрения для исключения влияния человеческого фактора, повышения качества готовой продукции и обеспечения повторяемости процесса. Предлагаемая система должна осуществлять в автоматизированном режиме получение изображений с ip-камеры, подключенной к ростовой установке, их предобработку и анализ, конечным результатом которого будет являться форма границы раздела фаз «кристалл-расплав» и скорость изменения радиуса растущего кристалла.

Разрабатываемая система технического зрения состоит из двух основных модулей: модуля получения и предварительной обработки графической информации и модуля детектирования контуров растущего кристалла и определения скорости его роста.



Модуль получения и предварительной обработки графической информации выполняет следующие основные функции:

- 1) подключение к камере и получение с нее изображений;
- 2) предварительная обработка изображений, позволяющая повысить контрастность и четкость изображения для решения дальнейшей задачи поиска контуров растущего кристалла.

В качестве источника получения изображений была выбрана ир-камера аса-1300-30gm, производимая фирмой Basler.

В связи с тем, что камера установлена под углом, что является конструктивной особенностью ростовой установки (рисунок 1), получаемое изображение искажено (рисунок 2-а).

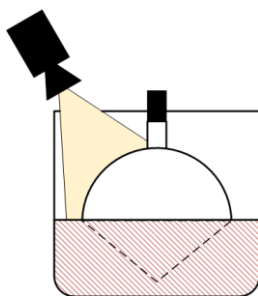


Рис. 1 Схематичное изображение расположения камеры

Для устранения этого недостатка были использованы аффинная и перспективная трансформации, результатом чего стало получение изображения, схематично показанного на (рисунке 2-б).

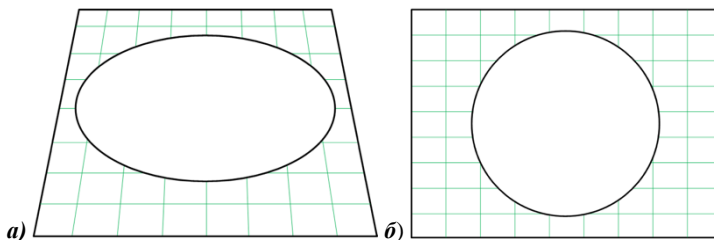


Рис. 2 Схематичное изображение результата аффинной и перспективной трансформаций изображения:

*a* – исходное изображение; *б* – результат трансформаций

Для повышения качества полученного изображения обеспечена возможность его изменения путем варьирования размера (обрезание по

осям  $X$  и  $Y$ ), вращения вокруг оси  $Z$ , изменения яркости и контрастности, а также эквализации гистограмм, целью которой (эту процедуру называют также линеаризацией или выравниванием) является такое преобразование, чтобы, в идеале, все уровни яркости приобрели бы одинаковую частоту, а гистограмма яркостей отвечала бы равномерному закону распределения.

Результат работы модуля получения и предварительной обработки графической информации представлен на (рисунке 3.)

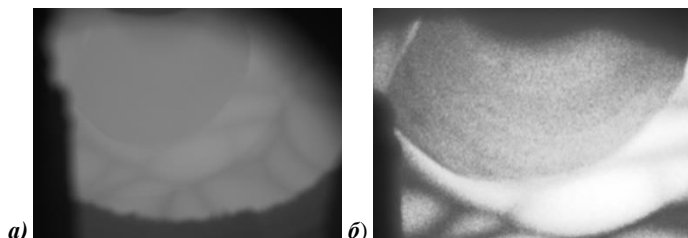


Рис. 3 Полученный результат аффинной и перспективной трансформаций изображения:

$a$  – исходное изображение;  $b$  – результат трансформаций

Первое изображение представляет собой оригинал – изображение, полученное с камеры, а второе – обработанное изображение.

Таким образом, в процессе реализации модуля получения и предварительной обработки графической информации было разработано программное обеспечение, позволяющее в автоматизированном режиме осуществлять получение графических изображений с ip-видеокамеры и их предобработку для дальнейшего анализа и определения скорости разрастания перетяжек. В качестве математического аппарата для обработки изображений использовались аффинная и перспективная трансформации, а также эквализация гистограмм. Следующим этапом развития системы является разработка модуля детектирования контуров растущего кристалла и определения скорости его роста.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джураев Б. Р. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО САПФИРА //ББК 94.3 О-83. – 2016. – С. 102.

2. Маркетинговые исследования рынка синтетического сапфира Yole Development. [Электронный ресурс]. URL: <http://yole.fr/> (дата обращения: 10.04.2022).

3. Demina S. E. et al. Numerical analysis of sapphire crystal growth by the Kyropoulos technique //Optical Materials. – 2007. – Т. 30. – №. 1. – С. 62-65.

4. Bliss D. F. Evolution and application of the Kyropoulos crystal growth method //50 years Progress in Crystal Growth. – 2004. – С. 29.

5. Как выращивают кристаллы. Краткий обзор. [Электронный ресурс]. URL: [http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods\\_kristallov\\_5.2.pdf](http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods_kristallov_5.2.pdf) (дата обращения: 10.04.2022).

6. Demina S. E. et al. Use of numerical simulation for growing high-quality sapphire crystals by the Kyropoulos method //Journal of Crystal Growth. – 2008. – Т. 310. – №. 7-9. – С. 1443-1447.

7. Белоусов А. В., Кошлич Ю. А., Гребеник А. Г. Об одном подходе к автоматизации процесса затравления монокристаллов синтетического сапфира по методу Киропулоса //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 3. – С. 128-133.

#### УДК 625.7

*Дубина Т.В., Мельничук В.К., Ширококов А.Д.*

*Научный руководитель: Гричаников В.А., доц.*

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

### **НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Нормативная документация в дорожном строительстве существует для того, чтобы устанавливать правила, требования и характеристики, касающиеся определенных видов деятельности и их результатов. Ежегодно вводятся в действие новые нормы, отражающие прогресс науки, техники и технологии в этом направлении. При этом содержимое нормативных документов непостоянно, в связи с появлением изменений и дополнений к ним, с течением времени. Процесс обновления нормативной базы, с учётом гармонизации с зарубежными аналогами, в некоторых отраслях идёт настолько высокими темпами, что не всегда удаётся сделать это без ошибок. Так, вновь вводимые нормы могут в некоторых моментах не согласовываться с уже действующими. Иногда авторы упускают или недостаточно подробно раскрывают детали, которые важны для производителей работ. Возникают сложности с терминологией при адаптации иностранной

документации. Подобная несогласованность приводит к затруднениям в работе дорожных организаций.

Деятельность предприятий дорожной отрасли регламентируется множеством нормативных документов, касающихся практически всех видов работ. В данной статье были рассмотрены основные нормативные документы, регулирующие работы по диагностике автомобильных дорог, в ретроспективе с 90-х годов XXвека и до текущего момента.

Первоначально для контроля качества автомобильных дорог был создан ВСН 6-90 [1] - нормативный документ, разработанный в развитие Технических правил ремонта и содержания автомобильных дорог ВСН 24-88[2] Минавтодора РСФСР, который устанавливает порядок оценки технического уровня, эксплуатационного состояния, инженерного оборудования и обустройства автомобильных дорог.

Взамен ВСН 6-90 вышел ОДН 218.0.006-2002 [3], который в настоящее время утратил силу. Введенный взамен ОДМ 218.4.039-2018 [4], «Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог» предполагает проведение полной диагностики автомобильной дороги, но не предусматривает применение комплексной оценки. Отсутствие в документе рекомендаций по использованию при полной диагностике автомобильной дороги комплексной оценки её ТЭС (транспортно-эксплуатационного состояния) является существенным недостатком, который должен быть устранен при его последующей переработке.

Для реализации масштабных национальных проектов и определения приоритетных направлений работы необходимо проводить оценку транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог (ТЭС АД) [5].

В направлении диагностики и оценки транспортно-эксплуатационного состояния(ТЭС) автомобильных дорог разработаны многочисленные руководящие документы, в которых представлены требования для определения различных характеристик дорожного покрытия. Базовые термины и определения изложены:

ГОСТ 33220-2015 [6]. В данном действующем документе описаны требования к покрытию проезжей части, обочинам, разделительным полосам и видимости, требования к техническим средствам организации дорожного движения (дорожные знаки, дорожная разметка, светофоры, ограждения) и требования к искусственному освещению;

ГОСТ 33388-2015 [7], в котором изложен порядок проведения работ по диагностике и их виды;

ГОСТ Р50597-2017 [8], в нем описаны требования к покрытию проезжей части, обочинам, разделительным полосам, тротуарам, пешеходным и велосипедным дорожкам, требования к элементам обустройства и к оборудованию железнодорожных переездов.

Также одним из критериев ТЭС является ровность. Это одна из важнейших качественных характеристик состояния поверхности дорожного покрытия на основе геометрических параметров, способных оказывать влияние на колебания движущегося транспортного средства. Ровность поверхности дорожных покрытий в России (СССР) начали оценивать с тридцатых годов XX века. При этом исходили из того, что ровность покрытий дорог должна определяться показателем, характеризующим плавность, удобство и безопасность движения автомобиля с расчётной скоростью. Поэтому в качестве наиболее эффективного показателя ровности дорожного покрытия были приняты колебания самого автомобиля при его движении по дороге. В качестве характеристики колебаний была принята их амплитуда. С увеличением неровностей увеличивается амплитуда и частота колебаний автомобиля. Сумма сжатия рессор на определенном участке дороги является условным показателем ровности покрытия, выражаемым в сантиметрах сжатия рессор на одном километре пути (см/км). Для оценки этого показателя в 30-х гг. в Харьковском автомобильно-дорожном институте (проф. А.К. Бируля) был создан прибор - толчкомер ХАДИ.

Продольная ровность дорожного покрытия влияет на скорость, безопасность движения, расход топлива, экологию, износ подвески транспортного средства. Действующие нормативные документы ГОСТ 33101-2014 [9] и ГОСТ Р 56925-2016 [10] предусматривают измерение продольной ровности профилометрическими установками, результатом измерений при этом является международный показатель IRI.

Следующими показателями, играющими немаловажную роль в дорожном строительстве, являются параметры геометрических элементов дороги. Данные параметры определяются в соответствии:

ГОСТ 33475–2015 [11], в данном документе описаны основные параметры геометрических элементов (расстояние видимости поверхности дороги, радиус кривой в плане, радиус кривой в продольном профиле, продольный уклон и т.д.) Одним из главных параметров на дороге является видимость, которая постоянно меняется вследствие кривизны в плане и профиле. Из-за недостаточной видимости на дороге автотранспортным средствам приходится резко снижать скорость движения на кривых и на прилегающих к ним прямых

участках. Отсутствие четкости движения приводит к повышению аварийности на таких участках;

В ГОСТ 33161–2014 [12] (действующий) приведены требования к проведению диагностики, к оценке технического состояния искусственных сооружений по результатам диагностики.

Ещё одним из показателей, характеризующих ТЭС является коэффициент сцепления. Коэффициент сцепления между шиной и дорогой это важный фактор, влияющий на безопасность дорожного движения.

Измерение коэффициента сцепления регламентируется следующими стандартами:

ГОСТ 30413-96 [13] (действующий). В документе приведены требования к измерению коэффициента сцепления с использованием испытательной автомобильной установки ПКРС-2У.

ГОСТ 33078-2014 [14] (действующий). Данным документом предусмотрено применение испытательной автомобильной установки ПКРС-2У и портативного прибора ударного действия ППК-2.

Даже при соблюдении всех требований, изложенных в нормативных документах, на дороге в результате ее эксплуатации образуются дефекты. Дефекты дорожного покрытия — это отклонения геометрических параметров, структуры и текстуры дорожной одежды от технических условий и нормативных требований ГОСТ. В процессе эксплуатации неизбежно появляются различные деформации и повреждения покрытия, приводящие впоследствии к возникновению разрушений дорожного полотна.

При определении геометрических размеров повреждений следует руководствоваться требованиями ГОСТ 32825-2014 [15] (действующий). В данном документе рассмотрены методы измерения величины колеиности, величины сдвига, волны и гребенки, величины геометрических размеров выбоины, пролома и просадки и т.д.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что на данный момент сформирована нормативная база, в которой содержится достаточный объем необходимой информации для организации правильного технологического процесса, безопасных условий реализации различных работ при диагностике. Однако, по отдельным вопросам, некоторые нормативные документы требуют дополнения, уточнения или переработки.

В тоже время, наличие нормативной документации позволяет нам объективно оценивать качество проводимых работ и состояние автомобильных дорог России.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН 6–90. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1990. 79с.
2. ВСН 24–88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. 160 с.
3. ОДН 218.0.006–2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. М.: Инфортавтодор, 2002. 137 с.
4. ОДМ 218.4.039–2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2018. 73 с.
5. Жустарева Е. В., Орлова А.И. Совершенствование методики комплексной оценки транспортно - эксплуатационного состояния автомобильных дорог с учетом современных средств измерения продольной ровности // Автомобильные дороги. 2020. №4. 9 с.
6. ГОСТ 33220–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
7. ГОСТ 33388–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
8. ГОСТ Р50597–2017. Дороги автомобильные и улицы, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. Требования к эксплуатационному состоянию. 2018, 31с.
9. ГОСТ 33101–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности. М.: Стандартинформ, 2016. 18 с.
10. ГОСТ 56925–2016. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения неровностей основания и покрытия. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
11. ГОСТ 33475–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
12. ГОСТ 33161–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации искусственных сооружений. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
13. ГОСТ 30413–96. Дороги автомобильные общего пользования. Определение коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием. М.: 1997. 10 с.

14. ГОСТ 33078–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления. М.: Стандартинформ, 2015. 15 с.

15. ГОСТ 32825–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения геометрических размеров повреждений. М.: Стандартинформ, 2015. 19 с.

16. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 30–33.

**УДК 666.94:621.926**

*Дудченко К.Н., Чуев А.В.*

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

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

В настоящее время широкий спектр промышленных металлургических процессов нагрева и плавления реализуется на основе использования электротермических технологий. Применение электротермических процессов является предпочтительным как с технологической, так и с экологической и экономической точек зрения. Повышение точности управления температурным режимом приводит к выпуску более высокого качества материалов.

В статье предложены техническая реализация двух алгоритмов управления с помощью симисторного ключа нагревательным устройством, осуществляющая нагрев с заданными параметрами за счет широтно-импульсного регулирования подаваемой на нагреватель мощности [2]. Эти алгоритмы управления были применены к лабораторной нагревательной установке (рисунок 1).



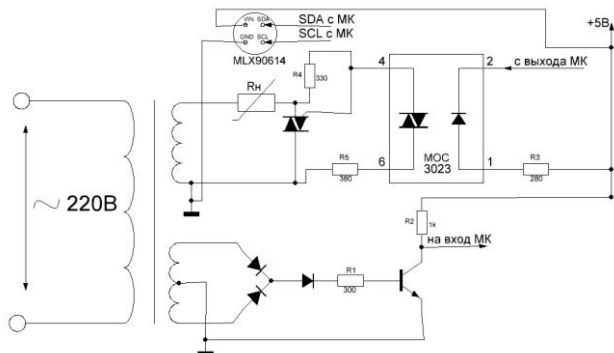


Рис. 1 Электрическая схема лабораторной установки

Лабораторная нагревательная установка функционирует следующим образом: температуру нагревателя ( $R_n$ ) измеряет инфракрасный бесконтактный датчик температуры, который подает текущее значение на вход программного ПИД-регулятора микроконтроллера. В зависимости от задания ПИД-регулятор формирует аналоговое число, которое потом преобразуется в ШИМ сигнал (от 0 до 255).

Для преобразования в реальное воздействие мы выделяем периоды синусоиды, таким образом, получаем сигнал детектора нуля с помощью нижней части электрической схемы (рисунок 2), который подается на вход микроконтроллера.

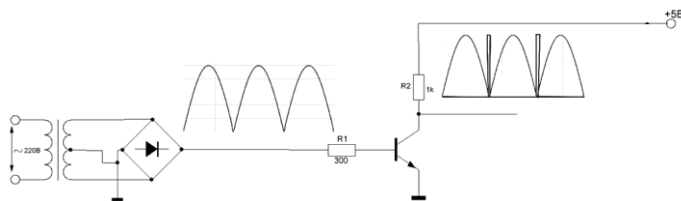


Рис. 2 Схема детектора нуля

В зависимости от способа управления симистром мы взводим дискретный выход МК либо в «1», либо в «0». Нагреватель запитан от сетевого напряжения 220В частотой 50Гц. Для регулировки переменного тока нагрузки используется симистор ключевой элемент. Он пропускает отрицательные и положительные полуволны при наличии сигнала на управляющей ноге. Так как регулируем

высоковольтную цепь, а МК низковольтный, для потенциальной развязки используется оптопара с симисторным выходом МОС3023 [5].

Рассмотрим способы управления симистором.

1-й способ (рисунок 3): симистор пропускает ток в обоих направлениях по команде на управляющую ногу и имеет особенность, будучи открытым в любой момент полуволны синусоиды, закрыться он может только при падении напряжения до нуля, таким образом, для плавного управления мощностью нужно включать симистор в нужный момент синусоиды и можно почти сразу убирать с него сигнал, потому что закроется он уже самостоятельно при ближайшем падении напряжения до нуля. Для того чтобы это реализовать нужно по сигналу с детектора нуля, отсчитать время, а затем передернуть управляющую ногу симистора, чтобы он пропустил оставшуюся часть синусоиды. Сигнал с детектора нуля подключаем на ногу МК, которая поддерживает аппаратное прерывание, которым мы будем ловить переход через ноль. Синусоида колеблется с частотой 50 Гц, значит для управления мощностью от 0 до 100% нужно сделать задержку на включение от 10 до 0 мс, с учетом нестабильности переходов синусоиды через «ноль», примем значения в диапазоне от 9731 до 296 мкс ( $(9731-296)/255=37\text{мкс}$  – время одного периода). Для точности подсчета времени включения использован аппаратный таймер МК.

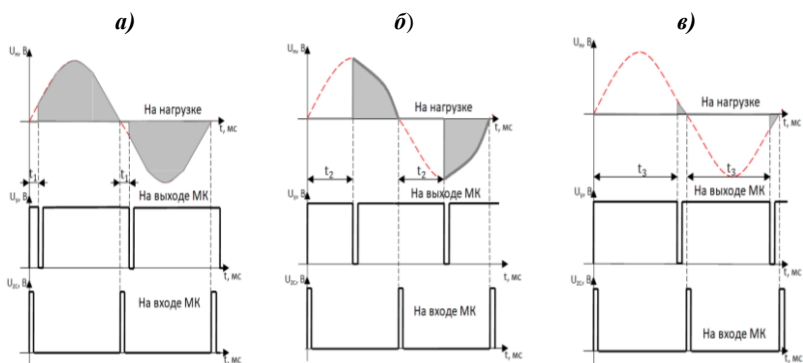


Рис. 3 1 способ управления симистором: *a* – мощность близкая к максимальной; *б* – 50% мощности; *в* – мощность близкая к минимальной

2 способ: алгоритм Брезенхема применяется в машинной графике. Этот алгоритм определяет какие точки двумерного раstra нужно закрасить, чтобы получить близкое приближение прямой линии между

двумя заданными точками. Суть алгоритма заключается в том, чтобы для каждого столбца  $X$  (см. рисунок 4) определить какая строка  $Y$  ближе всего к линии, и нарисовать точку.

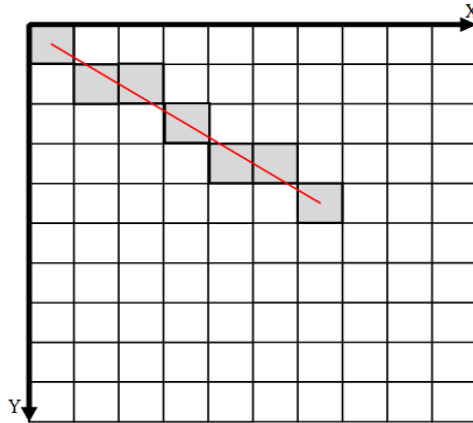


Рис. 4 Алгоритм Брезенхема

Отрезок проводится между двумя точками —  $(x_0, y_0)$  и  $(x_1, y_1)$ , где в этих парах указаны столбец и строка соответственно, номера которых растут вправо и вниз. Сначала мы будем предполагать, что наша линия идёт вправо и вниз, причём горизонтальное расстояние  $x_1 - x_0$  превосходит вертикальное  $y_1 - y_0$ , то есть наклон линии от горизонтали — менее  $45^\circ$ . Наша цель состоит в том, чтобы для каждого столбца  $x$  между  $x_1$  и  $x_0$  определить, какая строка  $y$  ближе всего к линии, и нарисовать точку  $(x, y)$ .

Общая формула линии между двумя точками:

$$y - y_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0). \quad (1)$$

Поскольку мы знаем колонку  $x$ , то строка  $y$  получается округлением к целому следующего значения:

$$y - y_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) + y_0. \quad (2)$$

Однако, вычислять точное значение этого выражения нет необходимости. Достаточно заметить, что  $y$  уменьшается от  $y_0$  и за каждый шаг мы добавляем к  $x$  единицу и добавляем к  $y$  значение

наклона, которое можно вычислить заранее. Более того, на каждом шаге мы делаем одно из двух: либо сохраняем тот же  $u$ , либо уменьшаем его на 1. Что из этих двух выбрать — можно решить, отслеживая значение ошибки, которое означает — вертикальное расстояние между текущим значением  $u$  и точным значением  $u$  для текущего  $x$ . Всякий раз, когда мы увеличиваем  $x$ , мы увеличиваем значение ошибки на величину наклона  $s$ , приведённую выше. Если ошибка превысила 1, линия стала ближе к следующему  $u$ , поэтому мы увеличиваем  $u$  на 1, одновременно уменьшая значение ошибки на 1 [1]. Этот алгоритм можно перенести на управление нагревателями, заменив столбцы  $x$ , на синусоиды, а строки  $u$  на величину мощности. В качестве примера возьмем 10% градацию выходной мощности и временной отрезок в 100мс, что равносильно 10 полуволнам сетевого напряжения. Нарисуем сетку 10x10 и представим, что ось  $Y$  это ось значений выходной мощности. Проведем прямую от 0 до необходимого значения мощности (рисунок 5).

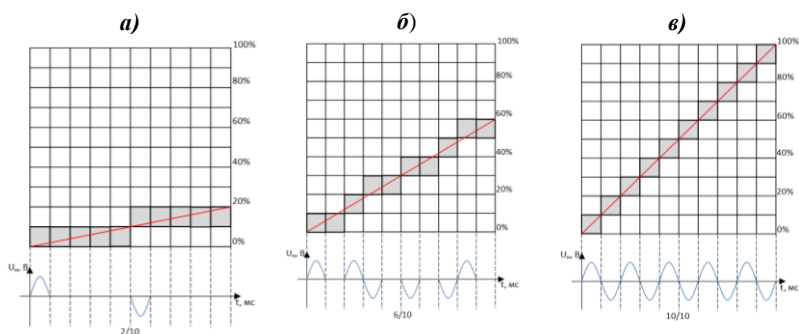


Рис. 5 2 способ управления симистором: *a* – 20%; *б* – 60%; *в* – 100%

Рассмотренные способы управления мощностью нагрева с помощью симистора могут быть использованы не только для рассмотренной лабораторной нагревательной установки, но и для других систем, связанных с тепловыми объектами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. М: Высш. шк., 1967. – 600 с.
2. Кижук А.С, Гольцов Ю.А. Микропроцессорная система автоматического управления тепловым режимом технологического процесса выращивания кристалла сапфира // Приборы и системы.

Управление, контроль, диагностика. 2014. №11. С. 42–49.

3. Программируемый логический контроллер SMH 2G. Руководство по эксплуатации. СПб.: Сегнетикс, 2013. 103 с.

4. Система программирования SMLogix. Техническая документация. СПб.: Сегнетикс, 2016. 30 с.

5. «Сегнетикс» контроллеры для систем автоматизации [Электронный ресурс]. URL: [http://segnetics.com/smh\\_2010/](http://segnetics.com/smh_2010/) (дата обращения: 05.03.2019).

6. Fractional-order Modeling and Control. [Электронный ресурс]. URL: <http://fomcon.net/> (дата обращения: 05.03.2019).

7. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. — Минск: Наука и техника, 1987. — 688 с.

8. Consercion A.M., Chen Y.Q., Vinagre B.M., Xue D., Feliu V.: Fractional Order Systems and Controls: Fundamentals and Applications. Series: Advances in Industrial Control. Springer, Berlin, 2010. 430 с.

9. Гольцов Ю. А., Кижук А. С., Рубанов В. Г. Нелинейные явления в широтно-импульсной системе управления теплотехническим объектом. Белгород: Вестник БГТУ. 2017. №9 С.188-192

10. Гольцов Ю.А., Кижук А.С, Рубанов В. Г. Управление температурным полем нагревательной установки в форме модели дробного порядка // СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 2. С. 38-43.

11. Пат. № 2612311 Российская Федерация, МПК G05D 23/22. Устройство регулирования температуры электронагрева / Гольцов Ю. А., Жусубалиев Ж. Т., Кижук А. С., Коленченко В. В., Рубанов В. Г., заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г.Шухова. – № 2016113209, заявл. 06.04.2016, опубл. 06.03.2017, Бюл, № 7. – 5 с.

**УДК 65.011.56**

***Езиков П.С.***

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА WEMOS НА ОСНОВЕ ARDUINO ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Построение систем домашней автоматизации в наше время является востребованной и актуальной задачей, поскольку позволяет

экономичнее расходовать энергоресурсы, а также эффективно управлять системами климата, освещения, отопления, и т.п. Для реализации систем автоматизации используются микроконтроллеры производства таких компаний, как Siemens, Schneider Electric, OBEH, и других известных мировых организаций. [1] Однако, данное оборудование скорее является решением для систем промышленной автоматизации, и его мощности для реализации задач такого плана будет избыточной. Кроме того, основным недостатком как систем на базе ранее названных платформ, так и существующих решений для конечного потребителя является ценообразование на конечный продукт. Стоит отметить, что в современном мире существуют иные программно-аппаратные средства, обладающие необходимым функционалом для построения систем домашней автоматизации, а также отличающиеся относительно низкой ценой.

Рассмотрим подробнее программно-аппаратную платформу Wemos D1 на базе микрочипа ESP8266 в конфигурации ESP-12, разведенного на плате в формфакторе Arduino UNO. Преимуществом данной платы является полная совместимость с программным обеспечением семейства Arduino с возможностью передачи прошивки по сетям Wi-Fi, а также возможностью использования функционала микрочипа ESP8266.

Таким образом, платы Wemos совместимы с датчиками, используемые при разработке решений на базе платформе Arduino и позволяют писать скетчи для прошивок в Arduino IDE. Wemos дает возможность организовывать сеть устройств или взаимодействовать с модулем через интернет. Еще одним преимуществом данной платы является то, что на ней есть разъем под внешнюю Wi-Fi антенну, что позволяет увеличить площадь покрытия сети, при использовании в режиме передатчика.

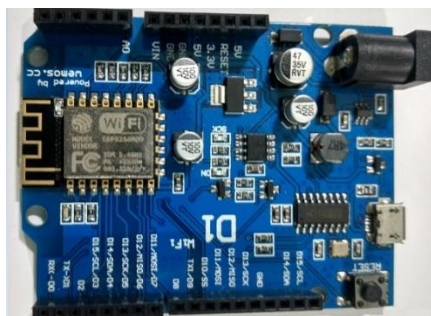


Рис. 1 Внешний вид Wemos D1

Технические характеристики WeMos D1:

- 11 цифровых входов/выходов. Все выводы поддерживают interrupt/pwm/I2C/one-wire (за исключением D0);
- 1 аналоговый вход (максимальное входное напряжение 3,2 В);
- Разъем Micro USB;
- Разъем питания 9-24 В;
- Микроконтроллер ESP-8266EX;
- Частота микроконтроллера 80MHz/160MHz;
- Flash память 4 Мб;
- Поддержка Arduino;
- Поддержка NodeMcu;
- Программирование через Serial или OTA (беспроводная загрузка программного кода по Wi-Fi);
- Наличие WI-FI модуля.

Проанализируем задачи, которые ставятся перед системой «Умный дом»:

– Энергоэффективность. Одна из основных задач, позволяющая экономить средства для непосредственного владельца или арендатора помещения. Обеспечивается путем контроля температуры, управления освещением, электроприборами.

– Обеспечение безопасности. Осуществляется с помощью охранных и пожарных датчиков, датчиков утечки воды/газа и т.п.

– Управление домом по сценариям. Осуществляется за счет выполнения запрограммированных в микроконтроллере необходимых алгоритмов поведения в зависимости от условий.

Рассмотрим возможность выполнения данных задач платой Wemos D1.

Основная часть задачи энергоэффективности может быть решена с помощью модулей реле, контролирующих потребителей энергоресурсов (электронагреватели, лампы освещения и т.п.), а также датчиков и алгоритмов пользователя. Очевидно, что данная задача легко решается на платах семейства Arduino.

Обеспечение безопасности реализуется при помощи прибора приемно-контрольного охраннопожарного (ППКОП) и релейных элементов, что также не представляет трудности для аппаратной вычислительной платформы.

Сценарное управление домом решается на основе алгоритмов, заданных пользователем. Сложность алгоритмов ограничена лишь размером памяти вычислительной платформы, что является достаточным для нужд «Умного дома».

Преимуществом плат Wemos перед классическими платами Arduino является возможность беспроводной сетевой приемопередачи данных, что позволяет сократить затраты на проводку, ее укладку, а в некоторых случаях позволяет не допустить выхода отдельных модулей «умного дома» из строя из-за повреждений коммуникационного канала. Кроме того, выбранное оборудование обладает в разы большим объемом памяти, а именно 4 Мб против 32 Кб, что позволяет многократно увеличить сложность реализуемых программ, а также создать намного больше сценариев под самые различные условия.

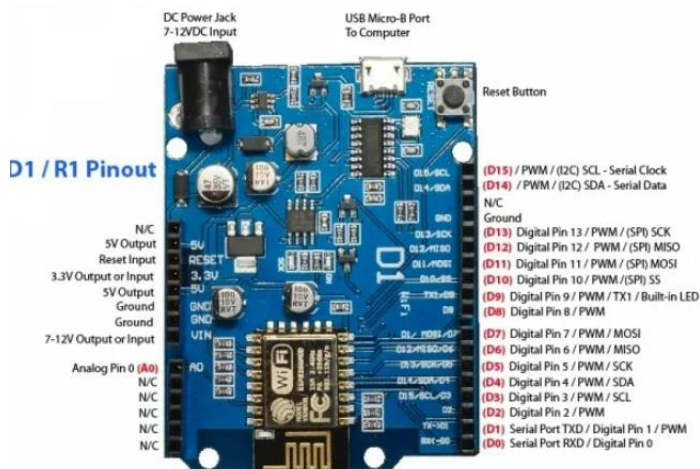


Рис. 2 Распиновка Wemos D1

В качестве примера реализации системы беспроводного управления системами домашней автоматизации была рассмотрена классическая для программно-аппаратного комплекса Arduino задача мигания внешним светодиодом, где управление осуществлялось внешним устройством, подключаемым по сети Wi-Fi к точке доступа, созданной ESP8266. В свою очередь, успешное решение данной задачи означает наличие возможности управления релейными модулями, а имеющаяся память и поддержка выходами различных интерфейсов позволит считывать и обрабатывать значения с любых поддерживаемых датчиков, используемых при разработке проектов на базе систем Arduino. [2-3]

Отличительной особенностью платформ Arduino и Wemos является их открытость, поэтому в настоящее время в сети интернет можно найти множество библиотек и программ для подключения к



платам различных датчиков и исполнительных механизмов, что значительно сокращает трудоемкость разработки конечного устройства. Недостатками использования платы Wemos для нужд умного дома можно выделить отсутствие промышленного исполнения плат (для монтирования платы в шкаф на DIN-рейку потребуется разработка корпуса), отсутствие технической поддержки пользователей, отсутствие готового решения/готовых к применению контроллеров, требование к тонкой настройке Wi-Fi каналов для использования в многоквартирных домах. [4-5]

Таким образом, была рассмотрена возможность реализации системы умного дома на основе данного оборудования. Подробный анализ выявил основные пути применения, преимущества и недостатки использования конкретной аппаратной вычислительной платформы.

В дальнейшем предполагается практическая разработка подобной системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кижук, А. С. Микроконтроллеры в системах управления: учебное пособие / А. С. Кижук ; А. С. Кижук ; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород: Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2009. – 203 с. – EDN QMULFZ.

2. Черменин, О. Б. Система управления сервоприводом на базе микроконтроллера AVR Atmega8 / О. Б. Черменин, М. Ю. Гольцова, А. С. Кижук // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 3807-3811. – EDN XGOYNN.

3. Кирнос, А. Е. Arduino - как средство автоматизация сельского хозяйства Arduino - as a means of automation of agriculture / А. Е. Кирнос // Вестник Кыргызстана. – 2018. – № 1(4). – С. 275-279. – EDN XRNZCX.

4. Файден, Д. А. Использование Wemos r1 d1 для обмена данными с сервером и контроллером / Д. А. Файден, А. А. Щекатурин // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. – 2020. – № 3. – С. 110. – EDN ONNXBA.

5. Абдрахманов, В. Х. Разработка средств автоматизации с использованием Wi-fi модулей ESP8266 и LPWAN технологий / В. Х. Абдрахманов, К. В. Важаев, Р. Б. Салихов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Т. 13. – № 4. – С. 98-108. – EDN YSIQRX.

*Емельянов В.А., Лыгин М.М., Вичкунин Д.Д.  
Научный руководитель: Храмова Е.И., преп.*

*Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия*

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЯ РАБОТЫ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ONI A400, С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННОЙ НА ПЛК ONI 1410**

Развитие техно сферы приводит к увеличению производственных мощностей ежегодно, в связи с этим, возрастает проблема ограниченного количества энергетических ресурсов. С каждым годом все острее стоит вопрос об ограничении потребляемой мощности. Кроме того, современное производство и сфера жизни человека все время становятся комфортнее, это тоже является сферой развития общества и это становится обыденностью. Поэтому и вопрос об автоматизации является как никогда актуальными.

Сегодня мы широко используем автоматизированные, энергосберегающие системы [1], как правило, они разработаны и введены в эксплуатацию иностранными компаниями. В сегодняшних реалиях остро встал вопрос о импортозамещении внедряемого оборудования, однако никуда не исчез вопрос об эксплуатации уже работающего оборудования. Необходимость в подготовке высококвалифицированных специалистов – важнейшая задача профессионального образования. В связи с данными высокими требованиями, сегодня профессиональное образование подготовки среднего звена претерпевает серьезные изменения.

Выполнение обучающимися лабораторных работ на проектируемом стенде, несомненно способствуют более глубокому усвоению и изучению теоретического материала. выполняя работы на данной стенде студенты получают необходимые знания, получают навыки работы с преобразователем частоты, закрепят умения в области программирования микропроцессорных аппаратов управления электроприводами, изученными ранее.

Целью данной научной работы было разработать учебный стенд для изучения принципов работы регулируемого электропривода переменного тока, управляемого на микропроцессорном устройстве.

В Многопрофильном колледже МГТУ есть стенды для изучения регулируемого электропривода центробежного насоса и подъемного механизма [2,3]. Данные стенды российского производства, но

реализованные на частотном приводе и управлении импортного производства. Кроме того, данные стенды разрабатывались для промышленных механизмов, являются дорогостоящими и являются многофункциональными, тогда как большинство непромышленных объектов не нуждаются в таком количестве функций. Управление в этих стендах реализовано на микропроцессорных устройствах, с программным обеспечением на английском языке, что значительно затрудняет образовательный процесс.

Использование стенда планируется в специальностях 13.02.11 «Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования» и 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных зданий» в курсах «Электрооборудование». Также стенд может использоваться в высшей школе на лабораторных работах по направлению Электротехника, автоматизация, электропривод и на курсах повышения квалификации рабочих и служащих по этим же направлениям.

Для сборки учебного стенда была составлена спецификация оборудования, представленная в (таблице 1).

Таблица 1 – Список оборудования для сборки учебного стенда

№ пп	Наименование	Ед. изм	Кол-во, шт.	Ст-сть, р
1	ДВП	м2	2	100
2	Саморезы по дереву 30мм	шт.	20	60
3	Фанера	шт.	1	100
4	Щит распределительный пластиковый 12 модульных мест <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/6050818/">https://www.etm.ru/cat/nn/6050818/</a>	шт.	1	500
5	Дифференцированный автоматический выключатель АД14 4Р 16А 10мА IEK	шт.	1	2500
6	Контроллер ONIPLR-S-CPU-1410ПР110	шт.	1	7000
7	Лампа сигнальная <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/9802436/">https://www.etm.ru/cat/nn/9802436/</a>	шт.	4	460
8	Переключатели <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/9225393/">https://www.etm.ru/cat/nn/9225393/</a>	шт.	4	1600
9	Кнопки <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/9724910/">https://www.etm.ru/cat/nn/9724910/</a>	шт.	4	600
10	Звонок <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/9712986/">https://www.etm.ru/cat/nn/9712986/</a>	шт.	1	300

11	Провод ПуГВ 1x1 белый <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/6025269/">https://www.etm.ru/cat/nn/6025269/</a>	м2	10	130
12	Провод ПуГВ 1x1 синий	м2	4	52
13	Наконечники НШВИ 1x1 100шт <a href="https://www.etm.ru/cat/nn/9725652/">https://www.etm.ru/cat/nn/9725652/</a>	уп.	1	100
14	Вилка 220В 10А	шт.	1	50
15	Провод ПВЗ 2x1,5	м2	1,5	50
16	Преобразователь частоты ONI.A400.001	шт	1	25000
17	Асинхронный двигатель АИР56 А4 У2 0,12кВт	шт	1	
	Итого			38620

Так же была создана принципиальная электрическая схема, представленная (рисунке 1).

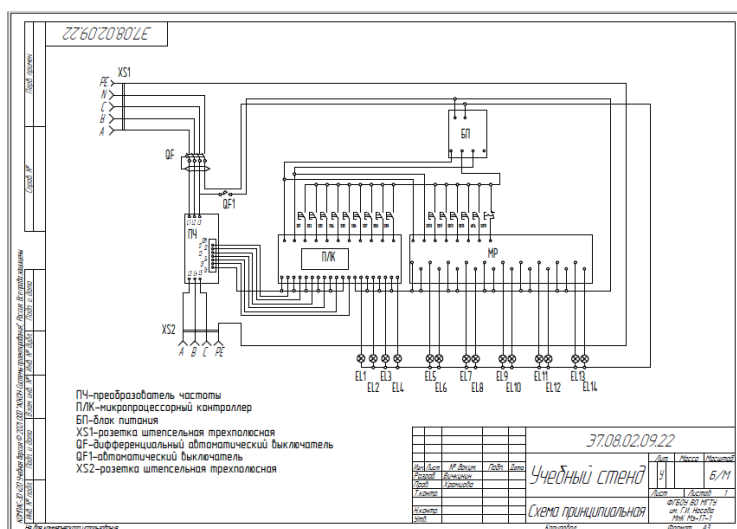


Рис. 1 Принципиальная электрическая схема учебного стенда

Для опробования работы собранной установки был составлен алгоритм работы электроустановки (с помощью инженеров Центральной электротехнической лаборатории ПАО «ММК»). По данному алгоритму была написана программа для МПУ ONYPLR 1410 в среде ONYPLRStudio, представленная на рисунке 2

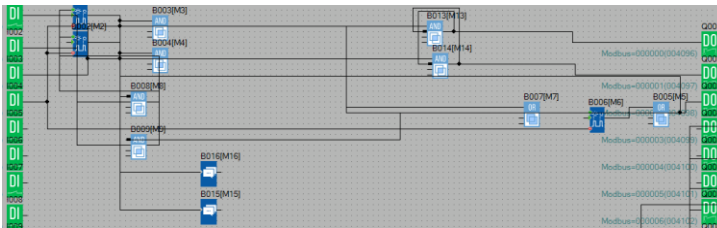


Рис. 2 Схема опробования

Внешний вид собранного учебного стенда представлен на (рисунке 3).

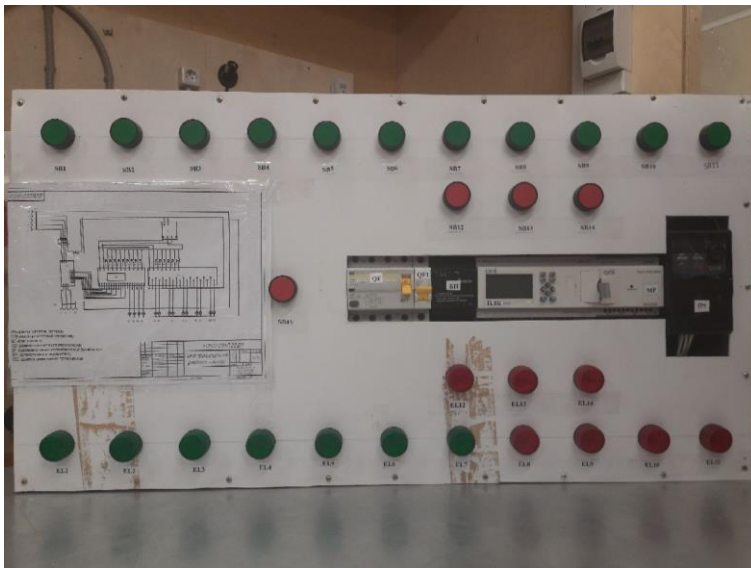


Рис. 3 Собранный учебный стенд

Данное изделие подготовлено для опробования в образовательном процессе, является безопасным и дает возможность обучения молодых специалистов на современном, общепромышленном оборудовании, которое находится в доступном ценовом сегменте и может быть внедрено в сферу инфраструктуры города, жилищно-коммунального хозяйства. Не требует узких знаний по работе с оборудованием, программирование и настройки выполняются на русском языке,

оборудование производится на территории Российской Федерации и доступно в современных условиях.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Корнилов Г.П., Шеметов А.Н., Шохин В.В., Усатый Д.Ю., Лыгин М.М. Опыт внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий в системах электроснабжения металлургического предприятия // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: Энергетика. 2021. Т.22. №1. С. 12-20.

2. Емельянов В.А., Вичкунин Д.Д., Карнаухов А.А., Храмова Е.И. Учебный стенд для программирования электроустановок на базе ПЛК "ОВЕН ПР110" // Актуальные проблемы современной науки, техники, образования: материалы 79-й межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск. Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. Т.1 С.243.

3. Богданович С.А., Емельянов В.А., Лыгин М.М. Разработка учебного стенда "Изучение принципов программирования на базе ONIPLR-S-CPU-1410" // XVI Всероссийская открытая молодёжная научно-практическая конференция "Диспетчеризация и управление в электроэнергетике". Казань. 2022. С.311-313.

*УДК 631.34*

*Комарцова А.В.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.*

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

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АГРЕГАТА АПК-ЮА**

Анализ электромагнитных процессов регулируемого электропривода с тиристорным регулятором напряжения производился с использованием положений теории электропривода и статистических методов обработки результаты исследований на физической и компьютерной модели в системе MatLab [1].

Равномерная подача кормов в камеру измельчения агрегата АПК-ЮА осуществляется путём регулировки частоты вращения двигателя привода шнека-дозатора (рисунок 1).

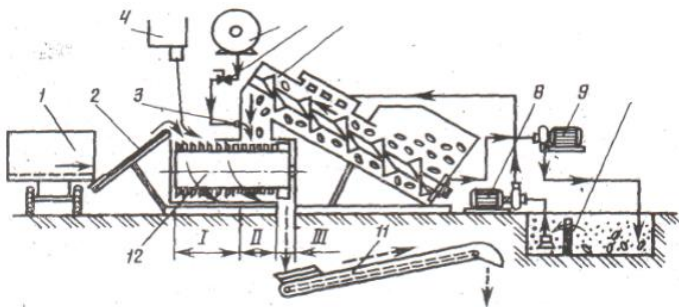


Рис. 1 Технологическая схема агрегата АПК - ЮА

Корма погрузочным шнеком-дозатором подаются в камеру измельчения. В двигателе измельчителя при изменении нагрузки, изменяется ток. Значение тока загрузки двигателя фиксирует трансформаторный датчик тока. С вторичной обмотки датчика тока сигнал подается на регулятор частоты тока, от которого питается двигатель шнека-дозатора. В зависимости от загрузки электродвигателя измельчителя меняется частота тока на выходе частотного регулятора, а соответственно, и частота вращения шнека-дозатора. Многие исследователи [2] пришли к выводу, что передаточная функция кормоприготовительных машин по каналу вход – подача продукта  $Q$ , выход – нагрузка приводного электродвигателя является аperiодическим звеном 1-го порядка с опозданием и выглядит:

$$W_{op}(p) = \frac{K_{ио}}{T_{ио}p+1} e^{-\tau p}, \quad (1)$$

где  $K_{ио}$  – коэффициент исполнительного органа (измельчитель),  $K_{ио}=59,0$ ;  $\tau$  – время запоздания,  $\tau=0,8$  с;  $T_{ио}$  – время измельчителя,  $T_{ио} = 2$  с.

Первичным преобразователем в данной системе автоматического управления является трансформаторный датчик тока, измеряющий ток в одной из обмоток двигателя привода барабана измельчителя, исходной величиной будет напряжение, которое меняется от 1 до 10 В в зависимости от нагрузки. Коэффициент трансформации будет определяться в зависимости от номинального тока двигателя, равный 85 А. Тогда коэффициент трансформации будет:

$$K_{ТР} = \frac{U_{МАКС.ДС}}{I_{Н.ДВ}} = \frac{10}{85} = 0.12, \quad (2)$$

где  $U_{МАКС.ДС}$  – максимальное входное напряжение датчика тока, В;  $I_{Н.ДВ}$  – номинальный ток двигателя, А.

Выбираем трансформаторный датчик тока с коэффициентом трансформации:  $TRK = 0,12$  марки ДТТ-58. В относительных единицах с учетом чистого опоздания  $TRK = 1,0$ .

Передаточная функция первичного преобразователя для выбранного датчика:

$$W_{\text{ПП}}(p) = K_{\text{ТР}} = 1.0. \quad (3)$$

Регулирующим органом в этой автоматической системе является шнек-дозатор. Передаточной функцией регулирующего органа (дозатора) будет безынерционное звено:

$$W_{\text{ро}}(p) = K_{\text{ро}}; \quad (4)$$

$$K_{\text{ро}} = \frac{I_c}{\omega_{\text{НДВ}}} = \frac{95}{300} = 0,32; \quad (5)$$

$$W_{\text{ро}}(p) = 0.32, \quad (6)$$

где  $I_c$  – ток на статоре двигателя, который создает измельчитель при номинальной работе дозатора, А.

Исполнительным механизмом в данной системе является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, приводящим в движение дозатор. Передаточная функция исполнительного механизма:

$$W_{\text{ВМ}}(p) = K_{\text{ВМ}}; \quad (7)$$

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{\omega_{\text{НДВ}}}{f_{\text{НДВ}}} = \frac{300}{50} = 6; \quad (8)$$

$$W_{\text{ВМ}}(p) = 6, \quad (9)$$

где  $\omega_{\text{Н.ДВ.}}$  – номинальная частота вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором,  $\omega_{\text{Н.ДВ.}} = 294 \text{ с}^{-1}$ ;  $f_{\text{Н.ДВ.}}$  – номинальная частота сети.

Для объекта регулирования с апериодической функцией необходим ПИ-регулятор. В качестве регулятора выбираем преобразователь частоты FR-E540-1.5К, который работает с асинхронным двигателем дозатора мощностью до 1,5 кВт. Для рассматриваемого измельчителя коэффициенты усиления ПИ-регулятора будут равны:



$$W_p(p) = \frac{2p+1}{101p} = 0.020 + 0.01 \frac{1}{p} \quad (10)$$

Результаты расчетов представлены в (таблице).

Таблица 1 – Параметры автоматического управления

Звенья	Параметры
Объект управления	$W_p(p) = \frac{59}{2p+1} \cdot e^{-0.8p}$
Регулятор	$W_p(p) = \frac{2p+1}{101p}$
Регулируемый орган	$W_{po}(p) = 0.32$
Исполнительный механизм	$W_{BM}(p) = 5.9$
Первичный преобразователь (датчик тока)	$W_{ПП}(p) = 1.0$

Для исследования переходных процессов в системе автоматического регулирования измельчителя составили структурную алгоритмическую схему оптимальной САП, на основе которой строим модель в системе MatLAB [1] (рисунок 2).

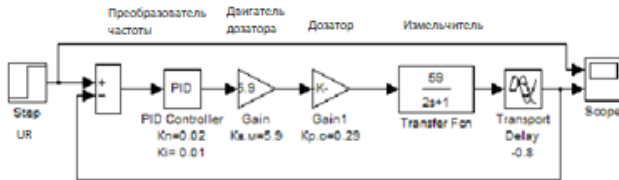


Рис. 2 Модель регулируемого электропривода измельчителя в MatLab.

В относительных единицах задаются значения управляющего сигнала (блок UR) и с помощью осциллографа (блок Scope) можно оценить результаты исследований.

Переходный процесс при управляющем сигнале соответственно UR=1,0 и.о. приведен на рис. 3.

Анализируя кривую переходного процесса, можно оценить показатели качества регулирования, к которым относятся [3]:

- время регулирования:  $t_p$  – время, в течение которого меняется регулировочная величина до значений в пределах  $\varepsilon = \pm 3\%$ . Исходя из этого  $t_p = 4,5$  с;
- перерегулирование:  $\sigma$  – максимальное отклонение регулировочной величины от установленного значения.

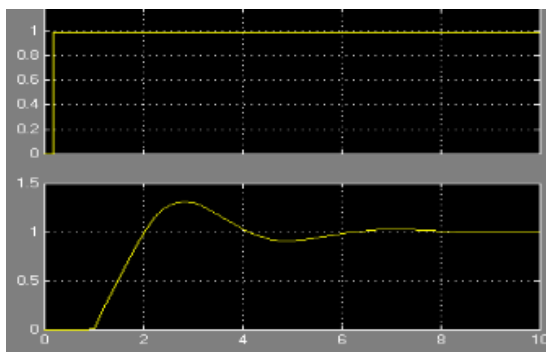


Рис. 3 Переходный процесс регулируемого электропривода (верхняя кривая – управляющий сигнал, нижняя – выходной с опозданием на 0,8 с) при UR = 1 и.е.

Перерегулирование определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{\infty}}{h_{\infty}} \cdot 100\% = \frac{1.35 - 1.0}{1.0} \cdot 100\% = 35\%, \quad (11)$$

где  $h_{max}$  – максимальное отклонение от установившегося значения;  $h_{\infty}$  – установившееся значение.

Как видно из осциллограммы (рис. 3) выходной сигнал соответствует управляющему, соответственно 1,0 и.е., то есть управляющим сигналом можно задавать величину нагрузки на электродвигатель измельчителя. Время переходного процесса (время регулировки) при этом  $t_r = 4,5$  с, что удовлетворяет условиям нагревания электродвигателя от токов переходного режима. Тепловой режим электродвигателя не будет нарушаться, если продолжительность переходного процесса не превышает 5 с.

В результате исследования было установлено, что при использовании ПИ-регулятора для системы управления загрузкой измельчителя, коэффициентами усиления  $k_P = 0,02$  и  $k_I = 0,01$ , время переходного периода не превышает 5 с, что удовлетворяет условиям регулирования по нагреву электродвигателя. Данное исследование помогает подобрать оптимальное оборудование для электропривода измельчителя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0 / Герман-Галкин С.Г. – Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.

2. Регульований електропривод: підручник для студ. вищ. навч. закладів / за ред. І.М. Голодного. – К.: ТОВ "ЦП "Компринт", 2015. – 509 с

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616491 Российская Федерация. Программа расчета разветвленной электрической цепи переменного синусоидального тока с несколькими источниками ЭДС: № 2021615598: заявл. 14.04.2021: опубл. 22.04.2021 / Н. Ю. Саввин; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – EDN QORNRO.

*УДК 621.31*

*Комарцова А.В.*

*Научный руководитель: Сибирцева Н.Б., ст. преп.*

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

## **АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ 5 ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РОССИИ**

Тепличная индустрия за последние 5 лет получает большую поддержку государства. Объем инвестиций в данную отрасль по данным «Технологии Роста» за 5 лет превысил 200 млрд. рублей [2]. И хотя намечается тенденция к росту количества современных теплиц, 50% промышленных теплиц в России относятся к теплицам третьего поколения. Центральный федеральный округ занимает лидирующие позиции как в производстве овощей закрытого грунта, так и по запуску современных теплиц 4-ого и 5-ого поколения. Кроме этого в Центральном федеральном округе сбор овощей закрытого грунта составляет более 30% от общего валового сбора России, а это примерно 400000 тонн. Следует учитывать и то, что среднее потребление овощей закрытого грунта в России растёт год от года и государство продолжает процесс импортозамещения куда и входит само обеспечение овощами.

При анализе было выявлено, что в теплицах ниже 5 поколения 50% финансовых затрат приходит на электроэнергию. Выше описанные обстоятельства позволяют сделать вывод, что модернизация тепличной промышленности необходима для повышения энергоэффективности и производительности тепличных комбинатов.

В Белгородской области подавляющее большинство теплиц относятся к 4 поколению. Сравнительный анализ теплиц 4 и 5 поколения показал следующее.

Теплицы 4-ого поколения не способны поддерживать оптимальный микроклимат в различные сезоны года. Например, в июле в обычных теплицах температура воздуха достигает днем до  $+35^{\circ}\text{C}$  при повышенной влажности. В таких же условиях теплица пятого поколения поддерживает температуру  $+24^{\circ}\text{C}$ , что идеально для выращивания томатов [3]. Открытие форточек в теплицах четвертого поколения влечёт за собой нарушение баланса  $\text{CO}_2$ , который необходим для полноценного фотосинтеза. Кроме этого при открытии форточек растения получают «температурный шок» от холодного воздуха, который опускается вниз; это явление приводит к потере соцветий и снижает урожайность. Это приводит к перерасходу тепловой энергии, тепло из теплицы уходит наружу.

Эти недостатки могут быть решены путём использования при перегреве теплицы для охлаждения адиабатических панелей, в которых находится вода. В этом случае форточек в теплице на 90% меньше, и они служат не для охлаждения теплицы, а для сбрасывания лишнего давления. При перегреве происходит испарение воды на что тратится часть тепловой энергии и таким образом охлаждённый воздух поступает в теплицу. Такой метод охлаждения способен снизить температуру в теплице до  $10^{\circ}\text{C}$  [5].

При использовании этих технологий в теплицах 5-ого поколения снижаются затраты на отопление теплицы за счёт вторичного использования тепловой энергии. В зимний период тёплый воздух в теплицах поднимается вверх из-за разности температур, но в отличие от теплиц 4 поколения он не выходит наружу через форточки, а отбирается вентиляторами, которые подают этот воздух по пластиковым рукавам, расположенным под грядками. При этом учитывается и тепло, выделяемое лампами при освещении теплицы, до 90% мощности ламп, выше описанным способом вторично используются при обогреве теплицы.

Минимальное количество форточек позволяет поддерживать оптимальный баланс  $\text{CO}_2$  для полноценного фотосинтеза растений. Теплицы 5-ого поколения полностью защищены от попадания вредителей, так как при открытии форточек присутствует избыточное давление, которое мешает вредителям попасть внутрь теплицы. В тоже время теплица, несмотря на свою полузакрытость, является хорошо проветриваемой, в ней нет скопления и застоя воздуха, а это в свою очередь является отличной профилактикой грибковым болезням [4].

Автоматизированное управление теплицами 5 поколения включает в себя комплекс мероприятий, которые придадут особую привлекательность их использования [1, с.77].

Например, в теплицах 5 поколения осуществляется автоматическая регулировка и компьютеризированный контроль освещения, температуры, влажности, что исключает возможность резких перепадов в производственном процессе.

Для создания системы автоматизированного полива в теплицах 5 поколения установлены датчики, которые автоматически подают воду под давлением в распылители. Режим автополива контролируют таймеры. Система показывает время полива, влажность почвы и даже указывает на необходимость ее орошения. Существующая система управления процессом выращивания овощей в закрытом грунте с использованием технологий теплиц пятого поколения представлена на (рисунке 1).

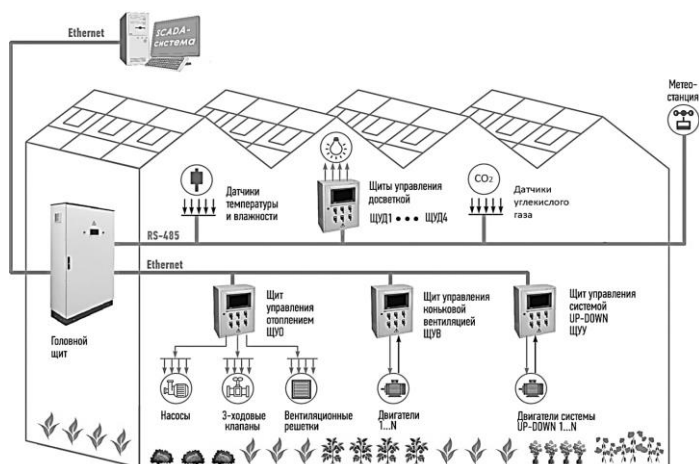


Рис. 1 Схема работы автоматизации в тепличных комплексах

Однако наряду с преимуществами использования инновационных теплиц существуют ряд сложностей, с которыми приходится сталкиваться. Это обусловлено самой сложностью технологического процесса и устройством теплиц. Требуется квалифицированный персонал, разбирающийся в процессах автоматического управления, а также знающий тонкости данного управления на практике. Например, использование мобильных приложений для диагностики и ремонта поможет сократить затраты и время на поиск причины. Другой

сложностью является комплексный подход к отслеживанию нескольких климатических параметров. Необходимо постоянно следить за состоянием климата, влажностью, освещенностью и т.д.

Выше описанные преимущества технологий, которые используются в теплицах 5-ого поколения делают актуальной модернизацию теплиц 4-ого поколения как для Белгородской области, так и для России в целом. С учётом умеренно континентального климата и плодородного чернозёма увеличение роста тепличной промышленности в Белгородской области будет способствовать экономическому развитию региона. В то же время, возможность модернизации уже существующих теплиц понизит себестоимость выращиваемой продукции и снизит затраты на энергоресурсы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Белоногов Г.Г. Автоматизированные теплицы. - М.: Наука, 2019. - 256 с.
2. Мочалова Я. В., Горшкова О. П. Вектор развития российского АПК – цифровизация // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2020. - № 1А. - С. 617-624.
3. Модернизация и совершенствование управления параметрами микроклимата - основа теплиц v поколения. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya> (дата обращения 19.11.2021)
4. Теплицы 5 поколения. – URL: <https://teplici-ssg.ru/produktsiya/teplitsy-ryatogo-pokoleniya.html> (дата обращения 20.11.2021).
5. Теплицы 5 поколения. – URL: <https://agroservers.ru/b/teplitsy-ryatogo-pokoleniya-1333536.htm> (дата обращения 20.11.2021)

**УДК 621.315.5**

*Комоза Д.В.*

*Научный руководитель: Погорелов А.В., ст. преп.*

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

## **ДЕФИЦИТ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ВОЗНИКШИЕ ИЗ-ЗА НЕГО ПРОБЛЕМЫ**

С 1947 года, когда был изобретен транзистор, промышленная отрасль по производству полупроводников устремилась вверх. Ее

объем производства оценивается в 440,4 миллиардов долларов, но, как и любая промышленная отрасль, она столкнулась с рядом проблем, которые мы постараемся проанализировать и дать оценку происходящего.



Рис. 1 Распределение спроса на полупроводники в %

Начнем с того, что полупроводники являются важной составляющей нашей повседневной жизни. Из представленной выше диаграммы (см. рисунок 1.) мы видим, как распределяются полупроводники по отраслям. Большую часть полупроводников забрала компьютерная отрасль, на которую приходится 32%. Сам смысл полупроводников в электронике очень велик, ведь это чипы, состоящие из миллиардов транзисторов, преобразующих электрические сигналы. Без них, невозможна работа нашей привычной техники, начиная с электрических зубных щеток, автомобилей и заканчивая сложной электроникой в спутниках.

Поскольку мы все знаем, что электроника — это далеко не простая вещь, которая не осуществима без полупроводников, предлагаю ознакомиться со спецификой производства главного звена электроники.

Рассмотрим главный метод производства кремневых чипов. Им является метод Яна Чохральского. Сам принцип этого метода заключается в очень медленном вытягивании заготовки кристаллов полупроводника до нужного размера. Процесс приведен на (см. рисунок 2.)

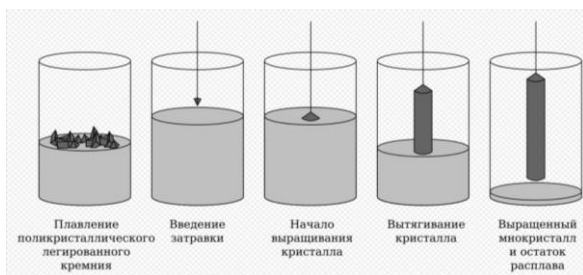


Рис. 2 Вытягивание кристалла

Главная проблема данного метода - сложность и время. Цикл производства одного такого кристалла занимает несколько месяцев, что создает сложности в выпуске полупроводников. А саму сложность этого метода производители оценивают сложнее подготовки ракеты к полету в космос и ее последующий запуск.

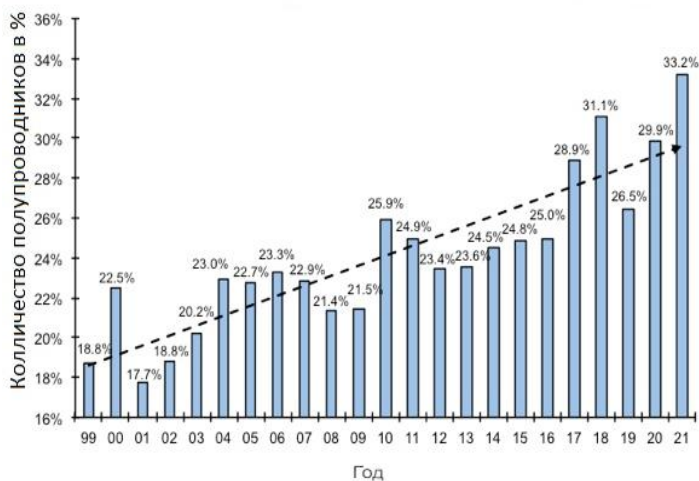


Рис. 3 Содержание полупроводников в электронной системе

В силу развития техники, спрос на полупроводники сильно возрос, в связи с чем промышленность начала выпускать их в большем количестве. В представленном графике на (см. рис. 3.) можно отследить данное увеличение. Также, в стороне не осталась пандемия, которая стала проблемой данной отрасли. Она коснулась каждую отрасль в не самом лучшем проявлении. Из-за самоизоляции спрос на компьютеры



и электронику очень возрос, согласно статистике, IHS Markit прирост продаж компьютеров составил 11%, а на бытовую технику пришлось 15%. Конечно, следует упомянуть и надобность выпуска более современного медоборудования, которая тоже нуждается в полупроводниках.

Из-за большого выпуска, начали страдать разные отрасли. Приведу в пример отрасль автомобилестроения, которая занимает 11% потребления полупроводников. Современные автомобили это в первую очередь сложные устройства. Для одного автомобиля используют от 300 до 3000 полупроводников. Те, в свою очередь получают разные функции: парктроник, гидроусилитель руля, круиз-контроль, тормозную систему, подушки безопасности и многое другое. Из-за возникшего дефицита множество компаний пришли к остановке производства. Перечислим некоторые из них:

- Ford
- Toyota
- Nissan
- Audi
- Volvo
- Автоваз
- General motors

Автопроизводителям пришлось менять конфигурации своих выпускаемых машин. **General motors** отказалась от автозапуска, **Nissan** в пяти своих моделях убрала навигационную систему, а российские автомобили стали получать конфигурации без круиз-контроля и мультимедийных систем.

Сложность производства полупроводников, возникший спрос из-за пандемии и множество факторов, которые наложились друг на друга, привели важнейшую отрасль в не самое лучшее положение. Минпромторг собирается организовать свое производство кристаллов для радиоэлектронной аппаратуры. На развитие данной отрасли выделяют 1,2 миллиарда рублей в течение четырех лет. Данное желание организовать и развить производство монокристаллов на территории РФ, в дальнейшем снизит зависимость от импорта из США и Европы, что очень благоприятно скажется на экономике и ценах на нашу привычную электронику. Ведь сейчас она довольно сильно завышена, хотя и есть на то причины.

Данная информация, приведенная в статье, показывает вам, насколько сложно реализуется подобное производство. Насколько оно важно и как наложенные друг на друга проблемы, выливаются в глобальную, которая в свою очередь бьет по всем отраслям,

нуждающимся в полупроводниках. Мы считаем, что ведущие компании по производству полупроводников в скором времени разработают технологию, которая упростит и ускорит самый важный процесс в производстве полупроводников - кристалла-заготовки. И данная проблема дефицита решится в самые кратчайшие сроки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ротанова В.А //Дефицит полупроводников и его влияние на рынок автомобилей // В сборнике: Промышленное развитие России: проблемы, перспективы. Сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов. В двух томах. Нижний Новгород, 2021. С. 44–48

2. Кризис полупроводников // [Электронный ресурс]. //URL: <https://habr.com/ru/> (дата обращения 8.03.2022)

3. Метод Чохральского// [Электронный ресурс]. //URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 8.03.2022)

4. Вестник Белгородского государственного технологического института им. В.Г. Шухова // Исследование стойкости полимерного композита с кристаллическим диоксидом кремния // Черкашина Н.И., Павленко В.И., Сидельников Р.В., Беседин П.В.//Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 110-118.

*УДК 681.5.017*

*Красноперов Н.С.*

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

## КИНЕМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРОМ

В настоящее время робототехника уже проникла практически во все сферы деятельности человека. Благодаря этому на производствах повысилось качество выходных продуктов, производительность. В некоторых бытовых аспектах жизнь человека стала удобнее.

Робототехническая система (РТС) – совокупность роботов автоматических или автоматизированных систем и другого

оборудования, информационно и функционально связанного между собой в единое целое.[1]

Система управления робота организована в несколько уровней. При этом кинематический уровень остаётся важной составляющей, обеспечивающей построение программных движений приводов сочленений манипулятора. При кинематическом управлении, как правило, полагают, что система приводов идеально воспроизводит заданное движение. Естественно, это предположение почти всегда некорректно: есть различие между задаваемым программным движением и действительным движением механизма. Для того, чтобы это различие не было излишне большим, при реализации кинематического управления необходимо принимать во внимание и динамические свойства системы. Таким образом, разбиение на уровни представляет собой лишь удобный методический приём для работы со сложной системой, которой является робот.

Кинематическое управление можно реализовать в два этапа. Первый состоит в планировании траектории, а второй заключается непосредственно в отработке полученной программной траектории. Такой подход характерен в основном для систем позиционного управления, где движение состоит из точек, которые должны пройти сочленения манипулятора либо его схват. В первом случае точки задаются в пространстве обобщённых координат, а во втором – в пространстве координат схвата. Существуют и другие методы, не связанные с предварительным планированием траектории. Они используются, в основном, в системах контурного регулирования.

Рассмотрим линеаризованный позиционный алгоритм управления в пространстве координат схвата. В нём не решается обратная позиционная задача.

Пусть имеется соотношение, связывающее вектор обобщённых координат  $q$  с целевым положением схвата  $s^*$ :

$$s^* = f(q). \quad (1)$$

Используя для решения метод Ньютона, получаем следующее рекуррентное соотношение для нахождения  $q = q^*$ :

$$\begin{aligned} \Delta q_{k+1} &= J^{-1}(q_k) \Delta s_k, \\ \Delta q_{k+1} &= q_{k+1} - q_k, \\ \Delta s_k &= (\Delta \varphi_k, \Delta p_k) = (\omega_k \Delta t, v_k \Delta t), \end{aligned} \quad (2)$$

т.е.  $\Delta s_k$  – это вектор, отражающий несовпадение положения схвата в  $k$ -й итерации с программным  $s^*$ , которое может быть ликвидировано за время  $\Delta t$  путём поворота схвата с угловой скоростью  $\omega_k$  и переноса с линейной скоростью  $v_k$  ( $s_k$  и  $s^*$  отличаются незначительно).

Уточним теперь компоненты вектора  $\Delta s_k$

$$\Delta p_k = p^* - p_k,$$

$$\Delta \varphi_k = \frac{x_k \times x^* + y_k \times y^* + z_k \times z^*}{2},$$
(3)

где  $x^*, y^*, z^*$  – это столбцы матрицы положения, задающие ориентацию.

Пусть теперь целевое положение схвата описывается матрицей

$$T = T^*(t) = \begin{pmatrix} x^*(t) & y^*(t) & z^*(t) & p^*(t) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$
(4)

Если предположить, что итерационный процесс сходится за одну итерацию, то можно рассматривать это как схему слежения схвата манипулятора за задаваемым программным движением. Схема алгоритма приведена на (рисунке 1).

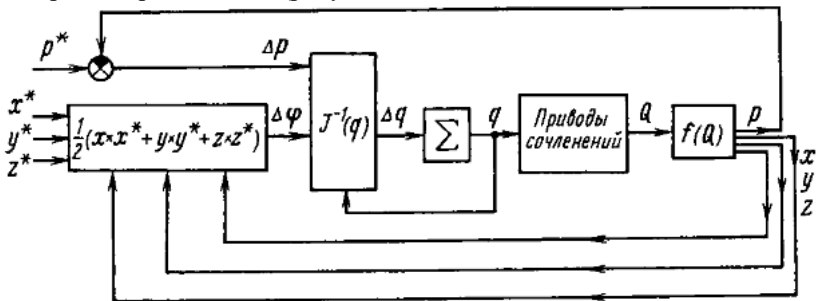


Рис. 1 Схема линеаризованного алгоритма позиционного управления

Следует сделать несколько замечаний относительно реализации этого алгоритма. Если привод замкнут по положению через систему управления робота (так чаще всего бывает), то целесообразно обратную связь по положению разомкнуть и исключить операцию суммирования векторов  $\Delta q$ , поскольку эти компоненты пропорциональны скорости

изменения обобщённых координат. Такая схема позволяет обеспечить более высокое качество отработки схвата траектории.

Ещё одно замечание состоит в следующем. На приведённой схеме поиск текущего положения схвата осуществляется с использованием показаний датчиков сочленений  $Q$ , а не вычисленных углов  $q$ . Это также может повысить качество слежения за программной траекторией.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Политехнический терминологический толковый словарь. 2014.
2. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 400 с.
3. Рубанов В.Г. Теория линейных систем автоматического управления. Белгород, 2015. 209 с.
4. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин. М.: ИД Юрайт, 2010. 351 с.
5. С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. «Робототехнические системы» – М.: Высш. шк., 1986. 264 с.
6. Adams Tutorial Kit for Mechanical Engineering Courses (Third edition)

**УДК 621.396.13**

***Кривошей Е.С.***

***Научный руководитель: Алексеевский С.В., асс.***

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

## **ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕНСОРНОЙ СЕТИ BLE-МАЯКОВ И ЗНАЧЕНИЙ УРОВНЕЙ СИГНАЛОВ RSSI**

Bluetooth Low Energy (BLE) является одной из наиболее актуальных технологий организации систем оперативного контроля за движением внутри помещений [1, 2].

В статье представлен метод определения положения объекта, повышающий точность систем позиционирования. Как известно, одной из основных проблем определения местоположения, является

погрешность, связанная с работой инерциальных датчиков, которая накапливается по мере функционирования мобильной платформы [3]. Предлагается использовать инерциальную систему позиционирования, дополненную методами триангуляции и RSSI (индикатор уровня мощности) [4]. Это позволяет устранить проблему за счет периодической привязки траектории к локальным координатам.

Суть технологии заключается в расположении Веасон-маячков (чем их больше и чем маячки ближе друг к другу расположены – тем лучше будет результат определения координат) так, чтобы они равномерно покрывали всю площадь помещения, и привязке их к координатной сетке на карте помещения, учитывая удаленность маячков друг от друга (рис. 1) [5].

Для определения местоположения робота– сканируются Веасон-маячки, определяются их координаты, по RSSI вычисляется их удалённость и местоположение [6, 7].

Распределенные по всему помещению маячки образуют небольшие секции. Таким образом, будем рассматривать локальную (образованную группой маячков) и глобальную (всё помещение) системы координат [8].

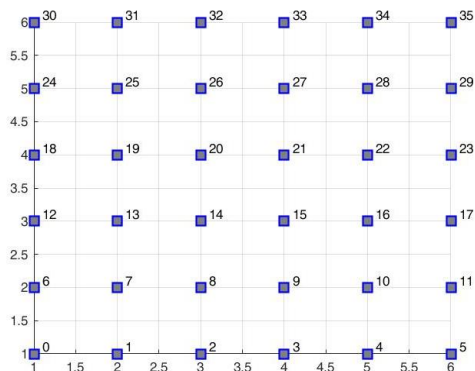


Рис. 1 Распределение Веасон-маячков

В ходе работы BLE-маячки постоянно передают по беспроводному каналу связи собственный идентификатор и значение уровня сигнала RSSI (таблица 1).

Таблица 1 – Формат данных iВеасон

Номер байта	Значение по умолчанию	Описание
0	0x02	Длина

1	0x01	Тип
2	0x06	Значение типа
3	0x1a	Длина
4	0xff	Тип
5-6	0x4c00	Идентификатор пользователя
7	0x02	Подтип
8	0x15	Длина подтипа
9-24	–	UUID
25-26	–	Классификатор 1
27-28	–	Классификатор 2
29	–	Уровень сигнала

В локальной системе координат по значению RSSI определяется расстояние:

$$RSSI = TxPower - 10 \cdot n \cdot \lg(d), \quad (1)$$

$$d = 10^{\wedge}(TxPower - RSSI) / (10 \cdot n), \quad (2)$$

где RSSI – значения уровня сигнала от BLE-маяков на расстоянии  $d$ , TxPower – эталонное значение силы сигнала на расстоянии 1 метра (-66дБ),  $n$  – коэффициент затухания сигнала (близок к 2).

По найденным расстояниям от объекта до маяков  $d$  и по дистанциям между соседними маяками  $d_x$ ,  $d_y$ , вычисляется позиция объекта в локальной системе координат (рисунок 2).

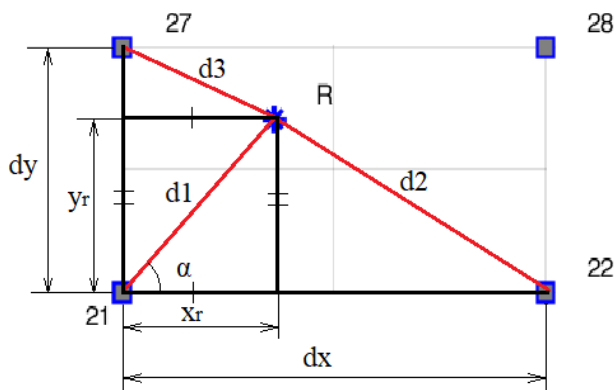


Рис. 2 Обозначения в локальной системе координат

$$\cos \alpha = \frac{d1^2 + dx^2 - d2^2}{2 \cdot d1 \cdot dx} = \frac{x_r}{d1}, \quad (3)$$

$$x_r = \frac{d1^2 + dx^2 - d2^2}{2 \cdot dx}, \quad (4)$$

$$y_r = dy - \sqrt{d3^2 - x_r^2}, \quad (5)$$

где  $d1$ – расстояние от объекта до левого нижнего маяка,  $d2$ – до правого нижнего,  $d3$ – до левого верхнего,  $x_r$  – координата объекта по оси абсцисс,  $y_r$  – координата по оси ординат.

Зная  $ID$  нижнего левого маяка и количество маяков, расположенных в «строке» и «столбце», определяются его координаты:

$$x_1 = (ID \operatorname{div} c_{ox}) + 1, \quad (6)$$

$$y_1 = (ID + 1) \% c_{oy}, \quad (7)$$

где  $c_{ox}$ - количество маяков в одной «строке»,  $c_{oy}$ - количество маяков в одном «столбце»,  $\%$  – оператор функции остатка от целочисленного деления.

По координатам маяков, уже в глобальной системе координат, вычисляется местоположение объекта:

$$x = x_r + x_1, \quad (8)$$

$$y = y_r + y_1, \quad (9)$$

Предлагаемый подход позволяет повысить качество функционирования системы за счет комбинирования позиционирования по инерциальным датчикам, таким как акселерометр, гироскоп, компас и сенсорной сети BLE–маяков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sun, M. Application of bluetooth low energy beacons and fog computing for smarter environments in emerging economies / M. Sun, K.M. Kamoto, Q. Liu, X. Liu, L. Qi. – In: Cloud computing, smart grid and innovative frontiers in telecommunications / ed. by X. Zhang, G. Liu, M. Qiu, W. Xiang, T. Huang. – Cham: Springer, 2020. – P. 101-110. – DOI: 10.1007/978-3-030-48513-9\_8.

2. Nagarajan, B. Localization and indoor navigation for visually impaired using bluetooth low energy / B. Nagarajan, V. Shanmugam, V.



Ananthanarayanan, S.P. Bagavathi. – In: Smart systems and IoT: Innovations in computing / ed. by A. Somani, R. Shekhawat, A. Mundra, S. Srivastava, V. Verma. – Singapore: Springer, 2020. – P. 249-259. – DOI: 10.1007/978-981-13-8406-6\_25.

3. Использование инерциальной навигационной системы (ИНС) с несколькими датчиками на примере задачи стабилизации высоты квадрокоптера [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/137595/>

4. Методы локального позиционирования [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/301706/>

5. Навигация в помещениях с iBeacon и ИНС [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/245325/>

6. Преобразование RSSI в расстояние. [Электронный ресурс]. URL: <http://we.easyelectronics.ru/Soft/preobrazovanie-rssi-v-rasstoyanie.html>

7. Астафьев А.В., Титов Д.В., Жизняков А.Л., Демидов А.А., Метод позиционирования мобильного устройства с использованием сенсорной сети BLE-маяков, аппроксимации значений уровней сигналов RSSI и искусственных нейронных сетей// Сборник статей//Численные методы и анализ данных// Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет, имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 2 ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, 2021. с. 277-282.

8. Rubanov V., Bushuev D., Karikov E., Bazhanov A. and Alekseevsky S. Development a low-cost navigation technology based on metal line sensors and passive rfid tags for in-dustrial automated guided vehicle // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15. No. 20. P. 2291–2297.

**УДК 528**

*Кутькина В.Д., Парфенова Е.А.*

*Научный руководитель: Рыжакова Н.С., ст. прер.*

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

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ**

Геодезия — это одна из самых древнейших наук в истории человечества. Как считают историки, данная наука возникла по причине

того, что у людей появилась потребность делить свои земельные участки.

Современная геодезия — это целый комплекс направлений. А именно, геодезия — прикладная математическая наука, которая изучает геометрические соотношения между элементами земной поверхности. Применяется эта наука в геологии, археологии и при добыче полезных ископаемых, но самое широкое применение приобрела она в строительстве. Задачи науки геодезии довольно широки и к ним относятся не только определение размеров и местоположения различных участков земли. Трудно представить в современном мире возведение любой постройки без инженерно-геодезического обеспечения строительства.

В данной статье будет рассмотрена очень важная тема, касающаяся развития и модернизации геодезических наук. Будут рассмотрены современные представления о геодезических науках в формировании информационного общества, с учётом развития программного обеспечения, технической и компьютерной техники.

На сегодняшний день уровень развития государства определяет роль геодезии. В первую очередь это объясняется потребностями современного общества в получении более подробной и точной информации об изучаемых объектах, а также значительными изменениями в совершенствовании технических средств. Именно поэтому происходит активное развитие геодезии, создающей огромное количество пространственной информации для осуществления огромного количества задач. С целью удовлетворения новых требований к информативному обеспечению общества и экономики главную роль играют задачи геодезического информационного обеспечения. К таким задачам относят:

1. общий анализ пространственной информации абсолютно всеми отраслями для данной территории посредством интеграции различной информации;

2. установление изменений пространственного расположения объектов изучаемой территории, обусловленных техногенными и природными факторами;

3. анализ и прогнозирование будущего состояния территорий под влиянием человека, путем моделирования территории и обработки больших объемов пространственной информации.

Основными факторами развития отрасли геодезии является ее модернизация в части применяемых подходов к геодезической деятельности и в части внедрения современных механизмов государственного управления (рисунок 1).

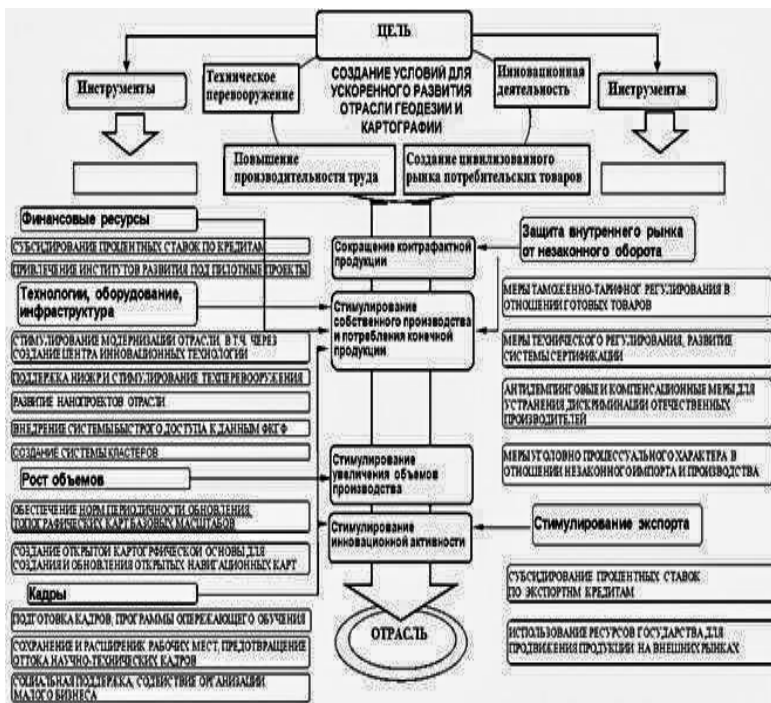


Рис. 1 Схема развития геодезии как отрасли

Важнейшей задачей отрасли геодезии является обеспечение органов исполнительной власти и заинтересованных лиц результатами геодезических измерений для решения ряда государственных задач в сфере территориального развития и строительства.

Геодезическое обеспечение становится важным элементом российской инфраструктуры пространственных данных, необходимым для формирования информационного общества. С развитием спутниковых методов и технологий позиционирования в геодинاميке и топографии существенно изменяются роль и функциональные требования к государственной координатной основе - государственным системам координат и государственной геодезической сети.

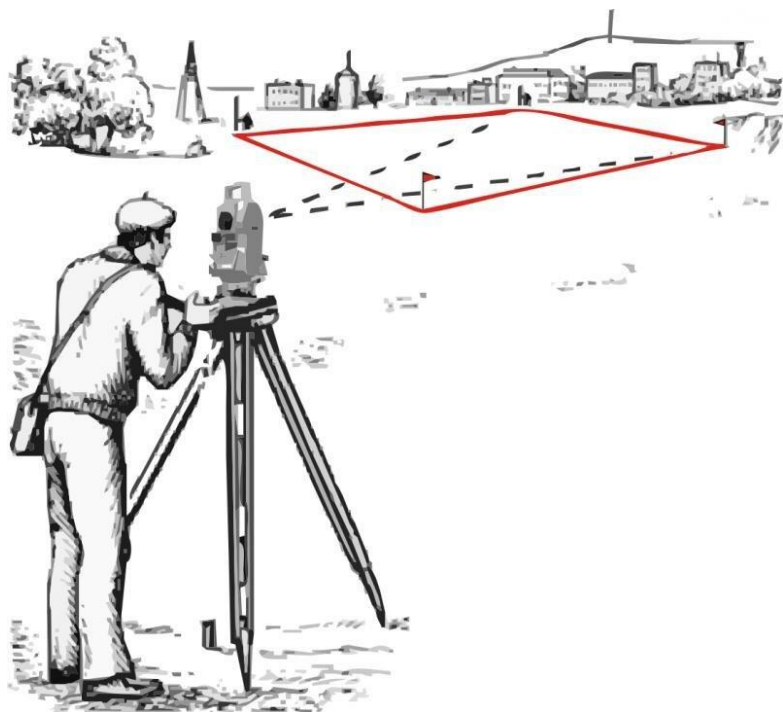


Рис. 2 Геодезия в строительстве

Важнейшей функцией деятельности геодезии является обеспечение комплексного взаимодействия в едином пространстве людей, животных, предметов и вещей. Реализация этой функции требует создания и функционирования соответствующей единой геоинформационной среды как информационного фундамента практически всей жизнедеятельности человечества.

Еще одним важным процессом развития геопространственной деятельности является расширение круга пользователей и геодезических услуг за счет массового проникновения геодезических и картографических методов в повседневную жизнь населения. Примером может служить спутниковая навигация на бытовом уровне (объектов, транспорта, людей), бытовая картография (картографические продукты типа Яндекс-карты, Гугл-карты) и многое другое.

Для решения задач высокоточного координатного обеспечения, в том числе высокоточной навигации, диспетчеризации наземных,

морских, речных и воздушных транспортных средств, мониторинга навигационных полей, на основе спутниковых дифференциальных станций необходимо обеспечить:

1. развитие вычислительных центров, осуществляющих сбор и архивацию полученных наблюдений, управление и предоставление потребителям дифференциальной информации;

2. реализацию стратегии совместного развития федеральной спутниковой дифференциальной сети, спутниковых дифференциальных станций и сетей, создаваемых заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;

3. создание условий включения коммерческих и других спутниковых дифференциальных станций в федеральную спутниковую дифференциальную сеть;

4. введение государственных услуг по предоставлению потребителям дифференциальной информации и системы регулирования тарифов предоставления потребителям базовых услуг и дифференциальной информации.

Новые тенденции, процессы, функции и перспективы деятельности геодезии, рассмотренные выше, свидетельствуют о кардинальном изменении сущности геодезии в жизнедеятельности людей и государства. Геоинформационные технологии однозначно находят все более широкое применение не только в производственной и коммерческой деятельности, но и в социальной сфере, а также в государственном управлении. При этом появляется необходимость создания, ведения и использования территориального геоинформационного пространства.

Можно сделать вывод, что геодезия будет развиваться по мере развития компьютерной техники, технических средств и программного обеспечения. Таким образом, совместное решение научных проблем геодезии с другими науками позволяет познавать и глубже изучать Землю, на которой мы живем, и способствовать развитию человечества.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Губарев С.А., Кадина Н.С. Проверка соответствия выполненных строительно-монтажных работ с применением геодезического оборудования. Вектор ГеоНаук 2020 Т.3. №1. С. 89-92.

2. Изотов А. А. Взгляд на будущее астрономо-геодезии // Геодезия и картография. – 1988. – № 1. – С. 11–17.

3. Тетерин Г.Н. История развития геодезии. – Новосибирск: СГГА, 1999. –276 с

4. Тетерин Г.Н, Синянская М.Л. Тупики и перспективы развития геодезии. [Электронный ресурс]. URL: <http://istgeodez.com/tupiki-i-perspektivy-i-razvitiya-geodezii/> (дата обращения: 23 октября 2018 г)

5. Маслов А. В., Юнусов А. Г., Горохов Г. И. Геодезические работы при землеустройстве. - М.: Недра, 1990.

6. Маслов А.В., Гордеев А. В., Батраков Ю.Г. Геодезия. - М.: КолосС, 2006.

*УДК 004.932*

*Лазорин Д.С.*

*Научный руководитель: Правиков Д.И., канд. техн. наук, доц.*

*Российский государственный университет нефти и газа*

*им. И.М. Губкина, г. Москва, Россия*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА КЕРНОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Перед нефтяной отраслью стоит проблема ухудшения качества ресурсной базы. Для этого компании начинают посвящать себя работе с большими данными, ежедневно собирая огромные объемы информации. Цифровой рецепт решения этой проблемы — так называемые «умные керны». Принцип их работы — объединение технологий измерения, контроля и управления в реальном времени, формирование непрерывного информационного потока, позволяющего быстро реагировать на ситуацию и принимать оптимальные решения. Ключевыми элементами системы являются интеллектуальные скважины, которые непрерывно собирают информацию о ситуации на территории, анализируют ее и на основании полученных данных корректируют режимы работы. Таким образом, разработка интеллектуальной системы для кернов является приоритетной задачей не только сегодня, но и в будущем [1].

Целью проекта является создание автоматизированной системы, с помощью которой можно обрабатывать керны и получать полную характеристику. Для этого были поставлены и реализованы следующие задачи: расписать план реализации проекта поэтапно, выбрать программное обеспечение для автоматического анализа, библиотеку искусственного отбора изображений, создать готовый программный код, проделанную работу представить в виде полноценно работающего веб-сайта без ошибок.

Работа с огромными слоями информации, анализ и их классификация — главная возможность умного алгоритма, который мы хотим разработать. Нейронные сети отличным способом подходят для оценки керна и для разделения горных пород по типам. Они могут использоваться для распознавания изображений, в том числе кернов. Мы использовали изображения кернов в качестве входных данных, полученные с финального этапа конкурса «Родные города» 2021 года от компании ПАО «Газпром Нефть».

Целевой аудиторией в данном проекте выступает непосредственно заказчик — «Газпром Нефть», интеллектуальный турнир «Родные города». Компанией было дано задание по реализации кейса для обработки и отбора изображений кернов. Данный проект упрощает работу компании: автоматизирует процесс, не задействуя сотрудников для анализа самих кернов. Объём рынка: российский.

Научно-техническая новизна проекта заключается в следующем: на территории РФ нет подобных новшеств для анализа кернов, всё выполняется вручную людьми, что замедляет процессы компании. Аналоги находятся в зарубежных странах, но они являются интеллектуальной собственностью и находятся в закрытом доступе. Наш проект позволяет всем сотрудникам компании работать в режиме реального времени на нашей системе (платформе): загружать керны в систему и получать готовый результат. Работа может использоваться также в учебных целях: различными университетами, как пример лабораторной работы с следующим заданием: решить подобный реалистичный заказ от нефтегазовой компании.

Создан веб-сайт (<https://gazpromcase.ru/>) с системой, построенной на нейронных связях, способной автоматически анализировать и классифицировать сегменты керна по разным типам горных пород. Система распознавания изображений будет построена на алгоритме, не требующем обработки в реальном времени — JavaScript Image Processing Library. Сайт работает следующим образом: пользователь проходит авторизацию на сайте, загружает фото в базу данных, происходит обработка, затем выдается результат. Первоначальные решения по реализации подобных систем были основаны на высокоуровневом языке технических расчётов PC MATLAB [2, 3].

Сайт на данный момент является прототипом будущей платформы для потенциальных сотрудников. Будет реализована административная панель для загрузки изображений кернов в базу данных, а также возможность получения итоговых отчётов с классификацией пород. Базы данных изображений будут подразделяться на частные и открытые. Частные изображения кернов принадлежат компаниям.

Открытые изображения взяты с кейса от Образовательного Центра «Сириус» и компании «Газпром Нефть». Сайт будет развиваться, его заполняемость будет увеличиваться.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт ПАО «Газпром Нефть»: Цифровые решения [Электронный ресурс]: Электрон. текстовые дан. (03 сентября 2022) – Режим доступа: <https://ds.gazprom-neft.ru/>
2. Дьяконов В. П. Справочник по применению системы PC MATLAB. — М.: «Физматлит», 1993. — 112 с. — ISBN 5-02-015101-7.
3. *Katsuhiko Morif.* Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network (англ.) // Neural Networks: journal. — 2003. — Vol. 16, no. 5. — P. 555—559. — doi:10.1016/S0893-6080(03)00115-1.

УДК 621.867.2

*Ларских Е.Л., Борисова Е.А.*

*Научный руководитель: Павлова О.С., канд. искусств., доц.  
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия*

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Ленточный конвейер – это механизм, циклично поставляющий материал с помощью фрикционного привода. Данный механизм производит процесс доставки материала между начальной точкой подачи и конечной точкой выгрузки. Ленточные конвейеры образуют собой транспортные линии ритмичного потока, устроенные индивидуально для каждого отдельно взятого предприятия. Множество предприятий так же используют конвейеры в качестве точки обработки, где с материалом или заготовкой во время движения можно проводить необходимые манипуляции. Линии транспортировки могут располагаться как горизонтально, так и под наклоном, наклонные линии обычно используют в аэропортах и на местах выработки каких-либо материалов из толщи земли [2].

Лента используется на многих предприятиях для транспортировки материалов, заготовок и товаров, которые при перемещении требуют дополнительной стабильности. Так же пространство ленты может выступать в качестве рабочего места сборщиков, фасовщиков и т.д. В аэропортах конвейерные ленты используют для сортировки и



транспортировки багажа пассажиров. Так называемая багажная карусель – это пример применения промышленных конвейерных лент в нашей повседневной жизни. Лента циркулирует между местами загрузки и разгрузки багажа в безопасной зоне и залом ожидания пассажиров.

Конвейер работает за счет непрерывного перемещения опоры, лента сконструирована таким образом, что может иметь разнообразные дополнительные устройства (направляющие, упоры, колеса и другие). Наличие в конструкции ленты пневматических и механических устройств напрямую влияет на скорость и качества ее работы. Скорость и допустимы вес груза зависят от характеристик материала, который будет перемещаться (песок, мелкие заготовки, пакеты, чемоданы и т.п.) [1].

Конструкция ленты состоит из двух конечных шкивов и натянутой на них конвейерной ленты. Трансмиссионный барабан (шкив) приводит ленту в движение за счет вращения вокруг своей оси, изгибный шкив предназначен только для регулировки направления движения ленты. Двигателем всей конструкции является редуктор, который задает вращение на трансмиссионном шкиве, шкив в свою очередь за счет силы трения двигает саму ленту. Приводные шкивы обычно располагаются в зоне разгрузки конвейера, для создания тяги и более легкой транспортировки. Груз подается со стороны подачи и опускается на вращающуюся ленту, затем за счет силы трения ленты, перемещается в разгрузочную зону.

Льняная лента является самой распространённой, так же существуют ленты из полиэстера, ПВХ, полиамида, ацетала и т.д. Разнообразие материалов для изготовления лент, позволяет адаптировать их для самых разнообразных задач. Производство лент зависит от множества аспектов, таких как, количество слоев, их качества, учитывая тот факт, что ленты могут использоваться для самых различных материалов, они должны обладать такими свойствами, как устойчивость к маслам и смазкам, огнестойкость, при транспортировке абразивных материалов, лента должна иметь устойчивость к порезам и проколам. Так же важны такие свойства как растяжение, сжатие и скольжение.

Лента может иметь различные конфигурации длины и толщины в зависимости от того, какой груз она должна выдерживать. На ленту могут быть нанесены различные узоры, ребра или метки, для предотвращения скатывания и скольжения товара при перемещении под углами до 45°.

Барабаны являются одной из разновидностей роликов, которые вызывают движение ленты за счет трения или звездочек (цепная передача). Обобщенно можно сказать, что движение появляется за счет работы барабана, к которому присоединен двигатель. Задний шкив производит возврат ленты к вершине и все происходит снова в циклическом порядке. Для обеспечения максимальной эффективности и производительности на барабаны устанавливают заглушки [2].

Вся конструкция конвейерной ленты устанавливается на раму, которая собрана из металлических профилей (окрашенных, оцинкованных, нержавеющей и т.д.) и может варьироваться по характеристикам, длине, высоте, форме. В сворки рамы могут быть установлены направляющие шасси (скользящие, боковые, пластиковые с обеих сторон). Основные элементы ленты, а также вспомогательные устройства, необходимые для надежности, устанавливаются на раме. Конструкция должна быть устойчивой к вибрациям, ударам, температуре, влажности, окислению избыточным нагрузкам и другим факторам, которые могут повлиять на целостность конвейера.

Если сравнивать с другими транспортными средствами, ленточный конвейер самое эффективное и быстрое средство циклической транспортировки материала в ограниченных пространствах предприятия, завода, шахты и т.д. [3].

Конвейер так же удобен тем, что при необходимости может быть модернизирован в короткие сроки. Добавление или уменьшение длины и поворотов. При ремонте нет необходимости полной разборки и сборки всей конструкции.

Конвейеры широко используют в металлургии, химической, продовольственной промышленности, из-за своей простоты, надежности, эффективности и низкой себестоимости, они востребованы практически на всех предприятиях циклического производства. Так же его наличие можно заметить на крупных стройках, грузовых кораблях, даже в некоторых кафе их используют для подачи еды посетителям.

Ленточный конвейер – неотъемлемая часть современных производств. Правильно настроенная работа ленты может иметь решающее значение в эффективности и себестоимости производства каждого отдельно взятого предприятия [2].

Хоть принцип их работы практически всегда одинаков. Существует огромное множество разных видов и форм, а также способов изготовления и применения конвейерных лент, адаптированных фактически для любого типа транспортируемых материалов и продуктов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ставрова Н.Д. Технология и механизация погрузочно – разгрузочных работ: учебно – методический комплекс. -Павлодар: Кереку, 2010 г. – 105 с.
2. Конвейеры: справочник / Р.А. Волков [и др.]; под общ. Ред. Ю.А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленингр, отд-ние, 1984 г. – 367 с.
3. Евневич А.В. Транспортные машины и комплексы. -М.: Недра, 1975 г. -415с.

*УДК 669*

*Ларских Е.Л., Гулевский Д.М.*

*Научный руководитель: Павлова О.С., канд. искусс., доц.  
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия*

### **ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА СЛЯБЫ**

Массовое внедрений технологии непрерывной разливки пришло на семидесятые годы. Машины непрерывного литья заготовок уже не могли справиться с необходимыми объемами и требовалось как-то продвигать производство дальше. На смену им пришли высокоскоростные машины радиального и криволинейного типа. Главным направлением в улучшении литья заготовок стала разработка долговечного и высокоэффективного оборудования, которое даст возможность провести синхронизацию работы кислородных и конвертерных цехов. Фактически данный этап был окончен к середине восьмидесятых годов. Итогом стала повышение вместимости конвертера до трехсот тонн с полностью реализованной непрерывной разливкой. Сейчас цеха с такими параметрами функционируют на каждом крупном предприятии развитых стран, однако раньше это представлялось невероятно сложной задачей. В тоже время была реализована технология разливки на сверхширокие слябы от 2500 до 2600 мм. Такой скачек в развитии привёл к усилению контроля качества и повышению требований к продукции [1].

Середина восьмидесятых годов стала началом этапа совершенствования. Большая часть внимания отдавалось улучшению отдельных элементов процесса и доведению МНЛЗ до оптимального уровня работы с полностью устойчивой цепочкой взаимодействия с другими частями производства металла. Развитие технологии в то время

шло параллельно с высокой конкуренцией на мировом рынке, что эффективно подталкивало предприятия на повышение качества производства, не повышая и даже снижая себестоимость их продукции. Сейчас порядка 60% получаемых заготовок отливается именно на МНЛЗ. Главными конкурентами России на мировом рынке являются такие страны, как Япония, США, КНР, Германия и Корея. Совсем с Россией они производят более двух третьих всех слэбов мира [2].

На данный момент в производство запущено более 500 машин непрерывного литья заготовок. Стоит обратить внимание, что в последнее время все они подвергаются значимым изменениям с целью изготовления “классического слэба”:

1. в свете высокой эффективности наибольшее предпочтение получают МНЛЗ с кристаллизатором вертикального типа, что позволяет повысить качество изготавливаемых заготовок, увеличивая производительность от 1,4 до 1,5 раз;

2. так же используют криволинейную схему технологической линии с многоточечным загибом и разгибом;

3. учитывается необходимость контроля ширины заготовки в процессе производства;

4. производят увеличение объемов промежуточного ковша до 40-50т;

5. обновляется система контроля температуры металла, как в промежуточном ковше, так и при движении заготовки;

6. происходит ужесточение контроля защиты от вторичного окисления стали на этапе перехода стали от ковша до кристаллизатора;

7. производится уменьшение диаметра поддерживающих роликов;

8. проводятся опыты с электромагнитным перемешиванием металла;

9. в процесс вводятся новые АСУ контроля уровня металла в кристаллизаторе, а также контроля подачи шлаковых смесей [3].

Все перечисленные инновации позволяют значительно повысить качество производимого металла, а также понизить стоимость процесса разлива. Происходят улучшения поверхности слэба и его внутренней структуры, снижается себестоимость продукции, а также затраты на её обслуживание. Увеличивается уровень автоматизации производства, уменьшая количество требуемого персонала [4].

Нужда в повышении параметров уже построенных МНЛЗ объясняется результатами кислородно-конвертерного производства. Это затрагивает средние показатели производительности за сутки и за месяц, повышая его в среднем на 25%. Однако одно лишь ускорение скорости вытяжки заготовки является довольно тяжело реализуемой

процедурой в связи что нуждой в обязательном увеличении зоны порезки заготовки [5].

Посмотрев на тенденции с иной стороны можно увидеть, что наибольшее предпочтение отдается слябам с толщиной 150-200 мм при ширине в 1000-1200 мм. Для большинства уже применяемых МНЛЗ это приведет к падению средней производительности. Решением данной проблемы может стать повышение серийности разливки между остановками.

Как показывают результаты производств США и Японии период работы МНЛЗ способен достигать месяца и более. Конечно, данные показатели можно отнести к рекорду, но уже сейчас обычная практика литья основывается на сериях в несколько суток. Не проводя глубокого анализа, сразу можно сказать, что действие такое технологии потребует внедрения абсолютно нового подхода к автоматизации процесса, предварительной подготовки стали, а также разработки новой конструкции промковша.

Введённые в эксплуатацию МНЛЗ, учитывающие перечисленные ранее пункты развития, достигают увеличения производства более чем в 1,5-1,8 раза, даже не учитывая факта улучшения качества заготовки и снижения стоимости. Допускается предположения, что высокого увеличения кол-ва МНЛЗ не будет, однако существенно повысится производительность уже имеющихся [6].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мировые тенденции развития сталеплавильного производства в 21 веке. Труды международной конф. «Черная металлургия России и стран СНГ в 21 в.» Т.2. М.: Металлургия, 1994. - С. 160.

2. Хребто В.Е. Пути повышения объема производства машин непрерывного литья слябовой заготовки в ОАО «ММК» // Металлургические машины и процессы (теория и практика). Сб. науч. труд.,- Магнитогорск: МГТУ, 1998. -С.7-13.

3. Современное состояние непрерывной разливки стали. Черные металлы, 1973. № 6, 7,- С.18.

4. Д.П. Евтеев, И.Н. Колыбалов. Непрерывное литье стали. М.: Металлургия, 1984, - С.61-62.

5. Витик С.И. Обеспечение стабильности непрерывной разливки стали на УНРС валкового типа // Сталь. 1997. - №1. - С. 25-27.

6. Механизм качания кристаллизатора слябовых МНЛЗ. Конструирование и расчет. / В.А. Пиксаев, В.Е. Хребто, Ю.А. Бодяев и др. // Магнитогорск: МГТУ, 2001. - 87 с.

*Лядова Ю.В., Матвеевко Д.С., Пирожкова Е.С.  
Научный руководитель: Чемеричко Г.И., канд. техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ И РЕАКТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СИНТЕЗА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Процесс полимеризации является основным этапом технологического процесса получения полиэтилена, поскольку на этом этапе изготавливается продукт с необходимыми показателями качества [1]. Этот процесс протекает с высокой скоростью, температурой и давлением, и этот процесс предъявляет строгие требования к поддержанию температуры и давления в постоянной области. Выход параметров за допустимые пределы сопровождается реакцией деления с последующим взрывом.

В условиях синтеза промышленных полимеров решающее значение имеют скорость химической трансформации мономеров, а также производительность оборудования, поэтому выбор типа и структуры оборудования является одним из важнейших и ответственных этапов реализации химического технологического процесса [2].

Химический реактор — это аппарат, в котором проводится ряд химических превращений в своей определенной последовательности, при конкретных условиях и в различном аппаратурном оформлении.

Его конструкция и оборудование, относящиеся к физическим процессам, на которые явно влияет характер реакций, выполняются нем.

Если реакция происходит с достаточной скоростью при высокой температуре и давлении, реакторы используются в виде толстостенных цилиндров, а технологическая схема включает машины и оборудование для сжатия и нагрева газообразной реакционной смеси. Когда реакция обратима и, следовательно, не протекает полностью, оборудование используется для непрерывного разделения продуктов реакционной смеси,

циркулирующей в системе, и для возврата не вступивших в реакцию веществ в реактор (например, синтез аммиака).

В этом случае в полимерной промышленности используются реакторы различных конструкций. Реакционные котлы (рисунок 1) - наиболее часто встречаемый тип реакторного устройства для синтеза

полимеров. Они используются для получения стирола,полиэфирных смол, новолаковых смол периодическим методом,полипропилена и полиэтилена при низком давлении и других полимеров. Серийные реакционные котлы периодического действия заполняются через специальный люк, который оснащен высокоскоростным гидравлическим или электрическим запорно-закрывающим устройством. Для эвакуации внутреннего содержимого реактора периодического действия, особенно в условиях высокой вязкости реакционной массы,рекомендуется использовать сливные устройства клапанного типа, которые не боятся проникновения полимеров в пространствомежду корпусом и клапана.

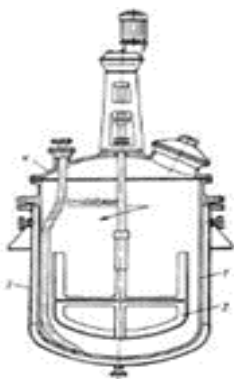


Рис. 1 Реакционный котел

Реакторы включают автоклавы, используемые для химических процессов при высоких давлениях и высоких температурах. В таких условиях реакция ускоряется и выход продукта увеличивается. Автоклав представляет собой реактор с мешалкой идеального смешивания в виде вертикального непрерывного толстостенного устройства с внешней оболочкой для охлаждения. Автоклавы характеризуются более высокой производительностью по сравнению с трубчатыми реакторами, поскольку обеспечивают возможность введения этилена и закваски в две или три зоны, а также используют более эффективные инициаторы: пероксид дитретбутила, пероксид лаурила и другие. Температура в автоклаве измеряется по высоте от четырех до шести точек. Реактор работает в адиабатическом режиме. Нагрев автоклава во время пуска осуществляется горячим воздухом через секционную рубашку, а охлаждение во время работы - холодным воздухом. Управление и настройка процессов осуществляется

автоматически удаленно с центрального пульта управления. Конверсия этилена в автоклавах составляет 14-16%. Высота стандартного реактора составляет около 6 м, диаметр – 0,3 м, объем – 0,5 м<sup>3</sup>, производительность – 15 000 тонн/год.

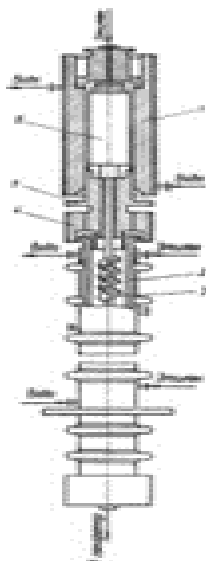


Рис. 2 Реактор автоклавного типа

Автоклавный реактор был разработан для синтеза полиэтилена. Они работают при давлении 150 МПа и являются типичным примером комбинированного реакционного устройства, в котором происходит вытеснение и перемешивание процесса, в котором оно объединено.

Реактор колонного типа, относится к реакторам типа полимеризаторов. С их помощью получают полистирол, фенолформальдегидные смолы, поликапролактан и другие полимеры. 28% раствора полимера в мономере после форполимеризатора подается на верхнюю цангу колонны, готовый расплав полимера непосредственно непрерывно выгружался в шнек-приемник, в следствии прохождения через штуцер в нижнюю часть конуса устройства. Скорость реакционной массы в аппарате не превышает 0,1 м/с, то есть с учетом вязкости имеет высокое значение, что свидетельствует о свойствах ламинарного течения.



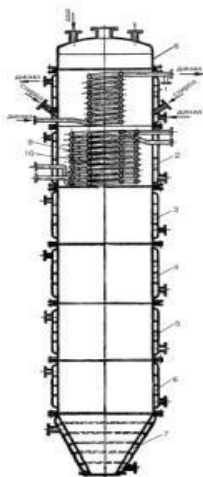


Рис. 3 Реактор колонного типа

Внимание заслуживают горизонтальные реакторы. Используемые в непрерывном синтезе полиэтилентерефталата. Реактор представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд, оснащенный нагревательной рубашкой. Смешивание и транспортировка масс по сосуду реактора осуществляется через наклонные сетчатые диски. В этом случае дисковую мешалку можно заменить мешалкой и лопастями, образующими спиральную поверхность.

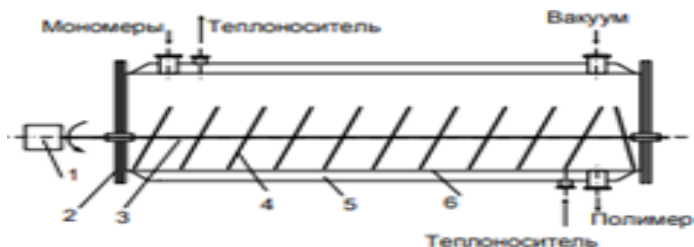


Рис. 4 Реактор горизонтального типа.

Можно так же выделить трубчатые полимеризаторы. Это промышленный реактор, представляющий собой последовательно соединенный теплообменник типа "труба в трубе". Особенностью конструкции реакторов такого типа являются малый внутренний диаметр труб и небольшая толщина стенок, что обеспечивает большую поверхность теплообмена на единицу объема полимеризатора и

позволяет интенсивно отводить тепло.

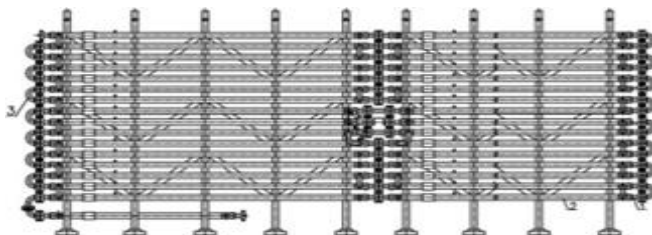


Рис. 5 Трубчатый полимеризатор

Из приведенного выше анализа видно, что, несмотря на различия, можно выявить общие черты классификации реакторов, которые должны облегчить систематизацию информации о них, которая заключается в составлении математической модели и выборе метода расчета.

Следующие особенности классификации химических реакторов и их наиболее часто используемых режимов работы: режим движения объекта реагентов (гидродинамические условия в реакторе); условия теплообмена в реакторе; фазовый состав реакционной смеси; методы организации процессов; характер изменений параметров процесса в течение времени; являются конструктивными особенностями.

По режиму работы реакторы бывают: непрерывного действия; периодического действия.

В зависимости от гидродинамической обстановки можно разделить все реакторы на реакторы смешения и вытеснения.

Реакторы смешения – это емкостные аппараты с перемешиванием механической мешалкой или циркуляционным насосом.

Реакторы вытеснения – это трубчатые аппараты, имеющие вид удлиненного канала. В таких реакторах перемешивание имеет локальный характер и вызывается неравномерностью распределения скорости потока и его флуктуациями, а также завихрениями.

Для идеального смешения характерно абсолютно полное выравнивание всех характеризующих реакцию параметров по объему реактора.

Идеальное вытеснение предполагает, что любое количество реагентов и продуктов проходит через реактор, в нем происходит перемешивание как твердый поршень, а по всей протяженности реактора, в зависимости от характеристик реакции и сопутствующих

физических явлений, устанавливается определенное распределение концентрации участников реакции, температуры и других параметров.

Рассматривая различные реакторы, каждый реактор имеет определенные преимущества в своей сфере полимеризации. Так для полимеризации этилена используют 2 типа реактора, трубчатый и автоклавный. В трубчатом реакторе, в отличие от автоклава, отсутствуют движущиеся части, полимер менее загрязнен. Однако получаемый ПЭ может иметь большую полидисперсность. В автоклаве равномернее тепловой режим (часть теплоты полимеризации расходуется на нагревание этилена до температуры реакции), металлоемкость схемы с автоклавом ниже металлоемкости схемы с трубчатым реактором. Первая схема обеспечивает получение ПЭ для пленочных материалов, а вторая — получение ПЭ, применяемого при изготовлении покрытий для изоляции электрических проводов, кабелей и др.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лекции по МАХП [Электронный ресурс]: Классификация химических реакторов. 2000. Режим доступа: [http://macp.web.tstu.ru/12/12\\_1021\\_00.html](http://macp.web.tstu.ru/12/12_1021_00.html)

2. Чемеричко Г.И., Бражник Ю. В. Механическое оборудование заводов по производству полимеров: учебное пособие / Г.И. Чемеричко, Ю.В. Бражник. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 168 с.

3. Ровкина Н.М. Технологические расчеты в процессах синтеза полимеров. Сборник примеров и задач: Учебное пособие / Н.М. Ровкина, А.А. Ляпков – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 167 с.

4. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Общая химическая технология полимеров: учебное пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томский политехнический университет, 2010. – 208 с.

5. Сутягин, В.М., Ляпков, А.А. Основы проектирования и оборудование производств полимеров. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 392 с.

*Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.  
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗМЕТКИ ОТВОДА**

Современная промышленность движется в сторону автоматизации производства, то есть процесса, при котором часть функций, выполняемая людьми, передается автоматическим приборам и устройствам. К чему это приводит:

1. К увеличению производительности и оптимизации труда.
2. Улучшению условий труда.
3. Стабильности качества выпускаемой продукции и тд.

Производство отводов труб очень сложный и трудоемкий процесс, но внедрение современных технологий на некоторые этапы производства может значительно облегчить некоторые из технологических операций, что позволит в дальнейшем прийти к большей производительности при меньшей трудозатратности.

Одной из важнейших операций при подготовке заготовки отвода является ее разметка. Если на данном этапе происходит ошибка, то при последующей операции, раскрое заготовки и ее обработки на столе расточного станка, возникает торцевое биение, из-за которого части отвода будет невозможно состыковать. На данной операция раскроя выполняется человеком (рис.1), который намечает с помощью угольников, линеек и других приспособлений основные точки согласно чертежу.



Рис. 1 Разметка под расточку торцов отвода сегодня.

Сейчас разрабатывается комплекс на базе робота манипулятора, который сможет производить измерение заготовки и ее разметку в автоматическом режиме с применением бесконтактного измерения и бесконтактного нанесения разметки.

Чтобы данное устройство могло производить нужные нам операции необходимо записать в его процессор программу, которая сможет управлять функциями измерительно-разметочного устройства и роботом-манипулятором.

Для решения поставленной задачи, а именно измерения, расчета основных точек и нанесения разметки, была разработана последовательность действий, которые будет необходимо выполнить, то есть алгоритм.

Принцип работы измерительно-разметочного устройства таков, что перед манипулятором устанавливается заготовка отвода на поверочную плиту, это нужно для того, чтобы повысить точность измерения.

Первым пунктом оператор вводит в плату робота-манипулятора данные о заданном угле разметки, длине шага измерения далее по разработанному алгоритму происходит работа измерительно-разметочного устройства, робот манипулятор будет двигаться параллельно срединной параллели переменного радиуса изделия, фиксируя координаты положения лазерного дальномера. В память микропроцессорной платы записываются данные о длине основания измеренного сегмента отвода, его высота. Это позволит дать понимание роботу-манипулятору местонахождение нашего будущего отвода и провести необходимые математические операции.

Тут следует остановиться, что за математические операции и зачем они нужны. Проектирование алгоритма работы данного устройства было основано на геометрических закономерностях из рис.3 показано, как будет происходить разметка заготовки на примере отвода произвольного диаметра на угол 90 градусов. Отрезки O1 и O2 являются линиями разметки, их можно достаточно легко найти, но для этого необходимо знать местонахождение точки O (центр овода по внутреннему диаметру), а вот как раз она находится с помощью правил геометрии.

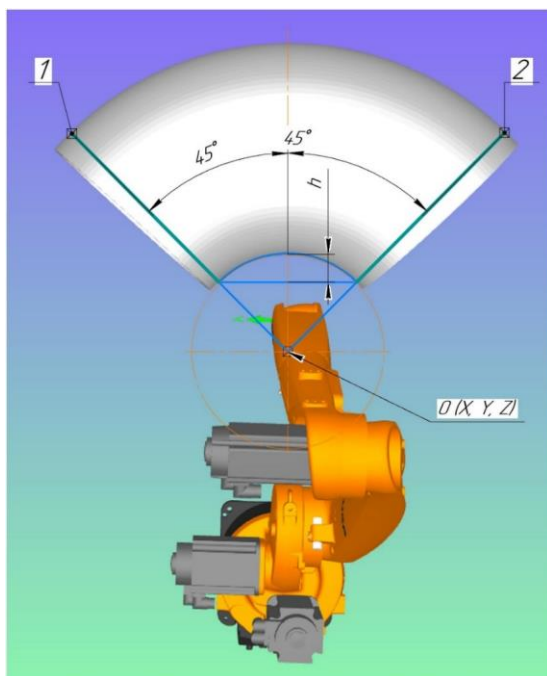


Рис. 2 Схема основных точек заготовки отвода

В микропроцессорной плате будет происходить вычисление радиуса окружности сегмента по внутреннему изгибу по общеизвестной формуле  $R = \frac{(\frac{l}{2})^2 + H^2}{2H}$ . Так же, в зависимости от заданного ранее угла, будут вычисляться точки концов лучей разметки, которые будут выходить из точки O и образовывать заданный угол, вдоль этих лучей и будет двигаться лазер.

После определения необходимых нам значений, на робот-манипулятор будет отправлен сигнал установить выжигающий лазер на нужную точку и произвести разметку заготовки отвода.

Нужно понимать, что в отличие от технологии нанесения разметки на заготовки отводов труб большого диаметра, которая используется сейчас, разрабатываемое измерительно-разметочное устройство позволит совершать данную операцию в несколько раз быстрее.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. Алгоритм измерения геометрии отвода труб большого диаметра для последующей операции разметки. XIII международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: сборник докладов / Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021, С.1149-1152.

2. Чепчуров, М.С. Позиционирование изделия в процессе автоматизированного бесконтактного контроля формы его поверхности качения / М.С. Чепчуров, Б.С. Четвериков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №2. – С. 99-103.

3. Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. К вопросу производительности производства заготовок отводов труб. XIII международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: сборник докладов / Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021, С.1146-1148.

4. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 58 с.

5. Чепчуров М.С. Влияние явление дифракции света на точность автоматизированного процесса определения геометрических параметров профиля объектов / Н.А. Табекина, Б.С. Четвериков, М.С. Чепчуров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №1. – С. 90-93.

6. Mordasov, M.M. and Savenkov, A.P (2015), Measurement of geometric parameters of interfaces of gas-liquid systems, Measurement Techniques, no. 7, pp. 47 - 49.

*Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.  
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТКИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЗАГОТОВКИ

В XXI веке процесс изготовления продукции направлен на курс автоматизации, поэтому ручной труд уходит из производства и постепенно заменяется машинным трудом. Но на данный момент некоторые операции все еще выполняются с использованием ручной работы.

Одной из областей, в которых до сих пор используется ручной труд, является производство заготовок отводов труб большого диаметра, это сложный процесс, в котором присутствует операция нанесения разметки на заготовку, перед ее раскроем. На данный момент эта операция выполняется человеком при помощи подручных средств: линеек, угольников, мела, веревки (рисунок 1).



Рис. 1 Разметка под расточку торцов отвода сегодня.

Сейчас разрабатывается устройство для автоматического и дистанционного нанесения разметки на заготовки отводов труб большого диаметра на базе робота манипулятора. В основе этой оснастки будет микросхема, лазерный дальномер и лазер для нанесения разметки.

Выбор именно такой оснастки обуславливается тем, что достаточно мощный лазер сможет произвести автоматическую разметку на металлической заготовке с нужной нам точностью.





 RuStan.ru

Рис. 2 Настольный станок для гравировки.

Самыми популярными лазерами являются:

- твердотельные;
- газовые;
- волоконные.

Самыми дорогостоящими на данный момент являются твердотельные лазерные граверы, так как они наиболее функциональны, с их помощью можно наносить гравировку на различные материалы: металлы, керамику, драгоценные камни и др. Данный тип лазеров работает достаточно быстро и имеет большой срок службы.

Газовые граверы я не буду рассматривать в данной статье, так как они больше подходят для бытового использования и имеют небольшой функционал, так же количество обрабатываемых материалов невелико, и металл они обработать не могут.

Хорошим вариантом для производства являются граверы волоконные, они менее восприимчивы к воздействиям внешней среды, как следствие они обладают высокой износостойкостью, так же они не страдают от избытка тепловой энергии, выделяющейся при работе.

При выборе лазера нужно опираться на следующие критерии:

1. Мощность лазера, чем она выше, тем более толстые материалы сможет обработать устройство.
2. Система охлаждения, от нее зависит непрерывность работы гравера.
3. Электропривод, улучшает точность гравировки.
4. Программный интерфейс

На этапе выбора гравировочного оборудования нас интересует именно его мощность, так как заготовки отводов производят из достаточно толстых листов металла. Градация лазеров по мощностям начинается с 12-15 Вт, такие станки подходят для резки материалов толщиной до 4-5 мм, и до 80 Вт и более. Лазер мощностью 40-60 Вт будет являться оптимальным выбором для решения поставленной задачи, он обрабатывает материалы толщиной до 13 мм и обладает неплохой производительностью.

Стоимость лазеров варьируется от 2 000 рублей, нужно понимать, что для нашего устройства необходимо будет установить лазерный гравировщик в корпус устройства, поэтому необходимо найти достаточно компактный и мощный агрегат. Далее мы рассмотрим самые популярные лазерные гравировальные станки.

Одной из популярных моделей является Фокусирующий синий лазерный модуль, в представленной модели есть возможность выбрать выходную мощность 15 Вт, производитель заверяет, что данный модуль сможет справиться с резкой по металлу.



Рис. 3 Фокусирующий синий лазерный модуль

Но как было сказано выше, для наилучшей производительности для наших целей необходима выходная мощность от 40 Вт. Такую мощность способна выдавать лазерная головка 450nm 40W-Pro в модельном ряде данных головок имеются градации по выходной мощности: базовая 20 Вт, средняя 30 Вт и версия, которую мы рассмотрим, про – 40 Вт.

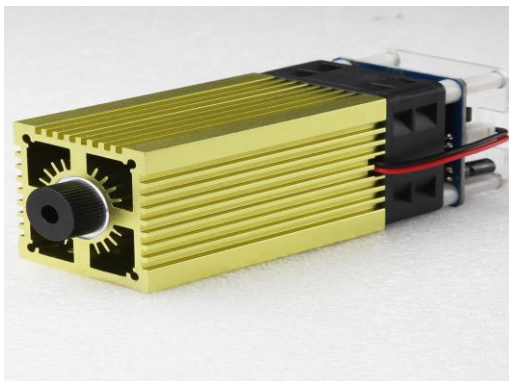


Рис. 4 Лазерная головка 450nm 40W-Pro

Данный лазер способен прорезать дерево, бумагу, медь, алюминий и сталь, как уверяет производитель. Стоимость данного резака начинается от 14 500 рублей. Лазерная головка предназначена для работы на станках с ЧПУ, поэтому ее с легкостью можно будет поместить в корпус разрабатываемого устройства, габаритные размеры головки 40x40x120 мм, и подключить.

При изучении рынка лазерных гравировщиков было выявлено, что выше представленная лазерная головка 450nm 40W-Pro является наилучшим вариантом, поэтому для дальнейших разработок целесообразнее выбрать ее или ее аналоги.

Разработка устройства с лазерным резаком может позволить улучшить производство заготовок отводов труб большого диаметра, ускорить его и снизить процент брака.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Технические средства автоматизации. программно-технические комплексы и контроллеры для студентов вузов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств» / Старый Оскол, 2020.

2. Чепчуров, М.С. Позиционирование изделия в процессе автоматизированного бесконтактного контроля формы его поверхности качения / М.С. Чепчуров, Б.С. Четвериков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №2. – С. 99-103.

3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике [Текст] / М.Я. Выгодский. М.: АСТ: Астрель, 2006. 991 с.

4. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 58 с.

5. Чепчуров М.С. Влияние явление дифракции света на точность автоматизированного процесса определения геометрических параметров профиля объектов / Н.А. Табекина, Б.С. Четвериков, М.С. Чепчуров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №1. – С. 90-93.

6. Mordasov, M.M. and Savenkov, A.P (2015), Measurement of geometric parameters of interfaces of gas-liquid systems, Measurement Techniques, no. 7, pp. 47 - 49.

*УДК 004.021*

*Лямина С.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А  
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРУПНО ГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Российская Федерация имеет обширную сеть трубопроводов как в нефтегазовой сфере при строительстве перерабатывающих и транспортирующих комплексов, так и при строительстве тепловых электростанций и атомных электростанций. Следовательно, спрос на элементы трубопроводов традиционно очень велик.

Производством бесшовных кованых труб и их элементов, в том числе штампованных, является актуальной задачей многих производств РФ, где без сомнения требуются технологии, повышающие производительность процесса производства и качество готовой продукции.

Изготовление отводов труб состоит из нескольких этапов, одним из которых является разметка заготовки для последующей ее обработки. На данный момент этот этап является слабым местом производства, так как сейчас заготовки отводов труб большого диаметра нанесение разметки осуществляется человеком при помощи угольников, линеек и других приспособлений. Очевидно, что присутствие человеческого фактора может привести к ошибкам во время нанесения разметки, что в дальнейшем может повлиять на конечный продукт. Стоит ли так же упоминать, что из-за наличия ручного труда, процесс нанесения разметки становится достаточно трудоемким.

Одним из вариантов решения данной проблемы является разработка устройства для автоматического нанесения разметки, но, чтобы данная технология работала, необходимо внедрить в нее возможность измерять нужный нам объект. Тогда устройство будет иметь подобную структуру (рисунок 1).

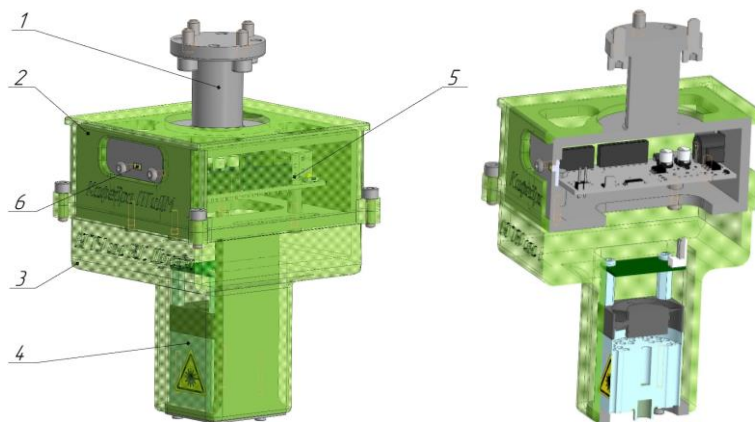


Рис. 1 Разрез и комплектность измерительно-разметочного устройства: 1 – основание; 2- крышка верхняя; 3 – крышка нижняя; 4 – лазер; 5 – микропроцессор; 6 – лазерный дальномер

Рассмотри подробнее каждые составляющие измерительно-разметочного устройства и их функции.

Начнем с основания, оно предназначено для крепления корпуса разрабатываемого устройства к роботу-манипулятору, для этого в основании имеются отверстия для винтов стандартного размера. Это классическое крепление для любой оснастки на робот-манипулятор.

Комплектующие измерительно-разметочного устройства устанавливаются в корпус, который собирается из верхней и нижней крышки.

Основными составляющими разрабатываемого устройства являются: лазер, микропроцессор и лазерный дальномер. Как раз они и выполняют главные функции: измерение, расчет и управление, и нанесение разметки.

Работать данное измерительно-разметочное устройство будет следующим образом: для начала необходимо установить заготовку на поверочную плиту перед роботом манипулятором, далее оператор

запустит алгоритм, заранее записанный в микросхему, согласно разработанному порядку действий начнет свою работу лазерный дальномер, сначала он позволит определить положение заготовки относительно заданной системы координат, а после с помощью движения робота-манипулятора, дальномер измерит расположенную на поверочной плите заготовку, после чего данные попадают в алгоритм микросхемы, в ней производятся расчеты и далее разметка, по полученным значениям.

Обслуживание такого большого номенклатурного ряда обуславливается возможностями робота манипулятора изменять положение измерительно-разметочного устройства в необходимых нам пределах соответственно.

В современных реалиях, когда курс взят на автоматизацию производства, очень важно совершенствовать процесс производства и разработки методов замены ручного труда, усовершенствование существующих технологий производства. Рассмотренное выше устройство позволит ускорить процесс измерения и нанесения разметки на заготовки отводов труб большого диаметра, так же оно сможет заменить ручной труд и как следствие убрать погрешность, обусловленную человеческим фактором.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Технические средства автоматизации. программно-технические комплексы и контроллеры для студентов вузов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств» / Старый Оскол, 2020.

2. Чепчуров, М.С. Позиционирование изделия в процессе автоматизированного бесконтактного контроля формы его поверхности качения / М.С. Чепчуров, Б.С. Четвериков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №2. – С. 99-103.

3. Дубинин С., Загребин И., Шилов С., Кузеев Р. «К вопросу повышения качества сварных соединений полиэтиленовый труб газопроводов с седловыми отводами»// Ж. Регламент. 2015. С. 81-82.

4. Любимый Н.С., Польшин А.А., Тихонов А.А., Анциферов С.И., Герасимов М.Д., Мелентьев Н.А. Оценка экономической эффективности технологии изготовления композитных металл-металлополи-мерных деталей в сравнении с аддитивной и субтрактивной технологиями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 5. С. 00–00.

5. Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. Разработка автоматизированного комплекса для осуществления разметки заготовок труб большого диаметра. XIII международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: сборник докладов / Лямина С.А., Польшин А.А., Рязанцев В.Г., Любимый Н.С. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021, С.1082-1085.

6. Mordasov, M.M. and Savenkov, A.P (2015), Measurement of geometric parameters of interfaces of gas-liquid systems, Measurement Techniques, no. 7, pp. 47 - 49.

*УДК 519.876.5*

*Макаров А.И., Астамонов В.А., Стрельский Д.А.*

*Научный руководитель: Борейко Д.А., канд. техн. наук, доц.*

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

## **КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВУКТЫЛЬСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В последнее время проявляется тенденция увеличения количества аварий на объектах нефтегазового комплекса. Последствия такого рода аварий весьма серьезны: экологические катастрофы, травмы и гибель рабочего персонала, поломки оборудования, выход из строя трубопроводов – всё это приводит к значительным затратам финансовых, материальных и человеческих ресурсов. Для снижения риска этих факторов, командой студенческого научного общества УГТУ был разработан проект.

Цифровой двойник — это виртуальная модель, которая воспроизводит технологический процесс как отдельной единицы, так и целого предприятия. Двойник позволяет выявлять предпосылки, которые ведут к возможным неполадкам и авариям. В центр управления приходят сводки о работе оборудования и систем посредством спутникового интернета, происходит постоянная симуляция технологического процесса в результате которой рассчитывается вероятность выхода из строя того или иного оборудования в среднесрочной перспективе. Если показатели выходят за рамки нормы, система оповещает оперативно-ремонтный персонал, чтобы он принял меры. Также система помогает подобрать рациональный режим работы.

Большая часть эксплуатационных объектов расположена на значительном расстоянии от центра управления и находится вдали от

транспортной инфраструктуры. Появляется необходимость дистанционного автоматизированного управления и наблюдения. Цифровые двойники призваны в значительной мере решить данную задачу.

Исходя из вышесказанного, целью данного проекта является оптимизация и автоматизация производства, что подразумевает под собой увеличение производительности и стабилизацию качества продукции; экономию энергоресурсов и повышение надежности оборудования, минимизацию влияния человеческого фактора, путем интеграции современных цифровых решений в управление технологическими процессами сложных производственных систем бурения, разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений. Объектом исследования является следующая система: действующая скважина на Вуктыльском газоконденсатном месторождении, Сосногорский газоперерабатывающий завод, а также нитки газопроводов, по которым транспортируется продукция со скважины на завод.

Для реализации поставленной цели авторами решаются следующие задачи:

- 1) обзор известных технологий и технологических решений, используемых при создании и использовании цифровых двойников;
- 2) внедрение инновационных цифровых технологий в систему “скважина-трубопровод-газоперерабатывающий завод”;
- 3) экономическое обоснование необходимости применения цифрового двойника.

Предлагаемая концепция внедрения цифрового двойника включает в себя комплекс мероприятий, которые, по задумке авторов, должны применяться одновременно. В этот комплекс мероприятий входят создание цифрового двойника скважины, цифрового двойника ниток газопровода, а также цифрового двойника газоперерабатывающего завода.

На этапе добычи цифровые двойники, оперируя массивами больших данных в сотни терабайт, помогают выявлять возможные проблемы при эксплуатации скважин, участков трубопроводов и технологических установок, выдавая рекомендации по их решению. Модели машинного обучения помогают оптимизировать режимы работы оборудования. Данные со скважин поступают в цифровой двойник, на основе которого искусственный интеллект каждую минуту пересчитывает тысячи вариантов эксплуатации и выбирает оптимальный режим управления месторождением.

Но, прежде чем приступить к эксплуатации месторождения



необходимо провести геологические изыскания, чтобы обнаружить залежи углеводородов. Для этого нужно смоделировать и проанализировать ряд процессов. Основными направлениями использования цифровых технологий на этапе добычи скважины являются: 1) накопление, хранение и систематизация геологической информации; 2) обработка геологической информации для описания, сравнения, классификации геологических объектов и прогнозирования их свойств. Предположительно будут использоваться следующие программные пакеты для создания цифровых карт: ГИС-системы (ArcInfo, MapInfo, ArcView, ArcGIS, GeoGraf); ПО для построения карт в изолиниях (Surfer); САПР (КОМПАС 3D); векторизаторы (EasyGrase, CorelDraw)

Помимо моделирования термодинамических процессов, необходимо смоделировать и объект (скважину). К задачам 3D-моделирования на этапе добычи относят геометризацию природного резервуара, определение уровней водонефтяного и газонефтяного контактов, детальный прогноз коллекторских свойств, подсчет запасов углеводородов.

Геолого-технологическая модель – создается посредством пересчета геологической модели на более крупную сетку. Используется на стадии разработки для прогноза и оптимизации процесса добычи многие годы, в течение всей жизни месторождения. Цифровыми решениями 3D-моделирования авторы считают программы Stratamodel (Landmark), IRAP RMS (Roxar), Petrel (Schlumberger), Gocad (Paradigm Geophysical) DV-geo, программный комплекс «ТРАСТ», ПО «TimeZYX».

В результате создания цифрового двойника скважины определяются зоны накопления и генерации углеводородов; прогнозируются фазовый и компонентный состав углеводородов; определяются объемы природного резервуара, характеристики коллекторов, объемы миграции углеводородов; оцениваются прогнозируемые ресурсы; выбираются первоочередные объекты для дальнейших исследований, выявления объектов поискового бурения; анализируются преобразования пород-коллекторов; происходит оценка геологических и производственно-технологических рисков.

Вторым элементом предлагаемой нами концепции является цифровой двойник газопровода, связывающего Вуктыльское месторождение и Сосногорский ГПЗ. В этой сфере существуют отечественные разработки, такие как оптоволоконная система мониторинга трубопровода (ОСМТ) «ОМЕГА». Технология ОСМТ «ОМЕГА» позволяет регистрировать шумы и помехи, температурный

режим, а также вибрации вдоль трубопровода. Датчики установлены через каждые 5 километров, что позволяет предотвратить утечку продукта. Необходимое оборудование состоит из волоконно-оптического кабеля датчика, логистических модулей, сервера с базой данных и автоматизированного рабочего места оператора. Принцип работы данной системы заключается в следующем: сигнал об опасном воздействии поступает с кабеля-датчика на логистический модуль, далее через сеть передачи информация поступает от модуля на сервер с базой данных, где обработанный сигнал отображается на рабочем месте оператора, исходя из полученных данных оператор принимает решение. В данной технологии применяется искусственный интеллект, который позволяет фильтровать огромный поток информации, полученной с датчиков, и выделяет потенциально опасные для трубопровода. ОСМТ «ОМЕГА» может определять характер происходящих событий таких, как движение автомобиля или человека, работу с инструментом и техникой, утечку и т. д. Основные характеристики этой системы следующие: чувствительность утечек от 5,9 м<sup>3</sup>; определение акустического поля: амплитуды, частоты и фазы сигнала; работа на газовых, жидкостных и многофазовых трубопроводах; определение нескольких утечек одновременно; точность обнаружения воздействия – 1 м; протяженность трассы трубопровода, контролируемая одним модулем – 100 км; точность измерения температуры – 1<sup>0</sup>С. ОСМТ «ОМЕГА» может обеспечить безопасный транспорт сырья, а также контролировать весь процесс транспортировки и контроля качества.

Третий элемент нашего комплексного проекта – создание цифрового двойника Сосногорского газоперерабатывающего завода (СГПЗ). Существует необходимость создания не только 3D-модели объекта, но и модели процессов при реализации проекта. Авторами проекта предлагается решение, основанное на программном обеспечении американской фирмы Bentley Systems. Программное обеспечение Bentley включает в себя сервис Bentley iTwin, используемый для проверки, сравнения и сборки 3D-модели, части которой создаются как с помощью сторонних продуктов (AVEVA, TEKLA), так и с помощью решений Bentley Systems. Приложение ProjectWise используется для управления инженерно-техническими данными, а также позволяет организовать совместную работу специалистов, участвующих в разработке двойника, рассредоточенных по всему миру. Для моделирования строительства и создания рабочих пакетов для планирования и управления применяется комплекс SYNCHRO. В будущем для «умной» эксплуатации СГПЗ, его технического обслуживания и контроля активов цифровой двойник

планируется привязать к системе AssetWise ALIM (система жизненного цикла активов, объединяющая управление документами, данными и физической конфигурацией с проверенным механизмом контроля изменений). В результате цифровизации СППЗ потенциальное время простоя снижается на 10-15%, а трудозатраты на разработку документации на 5-10%, также прогнозируется увеличение темпов строительства на 10%.

Объем инвестиций предполагает всю стоимость проекта в размере 73.265.661 руб. Такой запрос производится в связи с выгодностью проекта цифрового двойника для самого инвестора, т.к. инвестиции в систему и ее внедрение на производстве окупаются за 7 лет, и в дальнейшем помогут сократить влияние человеческого фактора и снизить затраты. Внедрение технологии цифрового двойника подразумевает вложения инвесторов и спонсоров. На каждой стадии эксплуатации данной технологии будет разный уровень затрат и, соответственно, окупаемость и переход к прибыльности будет иметь постепенный темп.

Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта включает расчет следующих показателей – чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности и срок окупаемости капитальных вложений.

Предложенная нами концепция позволит обеспечить:

- 1) снижение риска аварий на нефтегазовых предприятиях;
- 2) предоставление рабочих мест специалистам в сфере IT;
- 3) своевременное обнаружение дефектов и ремонт оборудования без перерасхода средств;
- 4) повышение эффективности технологического процесса;
- 5) рассчитаны следующие экономические показатели: капитальные затраты составили 73.3 млн. руб., чистый доход - 85.5 млн. руб., ЧДД – 17.1 млн. руб., индекс доходности – 1.23 руб./руб., внутренняя норма доходности – 17.5%, срок окупаемости – 7 лет, рентабельность -15.9%.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чуракаев А.М. Газоперерабатывающие заводы. Технические процессы и установки / А.М. Чуракаев . - Москва: Химия, 1971. - 236 с.;
2. Цифровая труба // Нефтегаз URL: <https://magazine.naftegaz.ru/articles/pervaya-strochka/509673-tsifrovaya-truba/> (дата обращения: 12.05.2022);
3. Волгограднефтепроект // Bentley URL: <https://www/bentley.com>

/ ru / about-us / news / 2020/ october /19 / ai- (дата обращения: 12.05.2022).

4. Сосногорский Газоперерабатывающий завод // Первенец отечественной газопереработки URL: [https:// pererabotka.gazprom.ru / sosnogorskij-gazopererabatyvayu /](https://pererabotka.gazprom.ru/sosnogorskij-gazopererabatyvayu/) (дата обращения: 12.05.2022).

УДК 66.023

*Мартынов П.Н.*

*Научный руководитель: Абиев Р.Ш., д-р техн. наук, проф.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАПТ (ПУЛЬСАЦИОННЫЙ АППАРАТ ПРОТОЧНОГО ТИПА) В СОСТАВЕ БИОРЕАКТОРА

Биореактор - устройство для перемешивания культуральной среды и создания оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов. В биореакторе для питания микроорганизмов и отвода метаболитов важно обеспечить тонкое диспергирование газа и высокий коэффициент массоотдачи от газовой к жидкой фазе, а также равномерное макроперемешивание по объему аппарата.

Чаще всего в качестве биореакторов применяют аппараты с мешалкой. Но недостатками последних являются неравномерность перемешивания, образование застойных зон, а также чрезмерное механическое воздействие на микроорганизмы. Существуют также статические смесители, которые лишены недостатков аппаратов с мешалкой, но обладают большим гидравлическим сопротивлением и склонны к загрязнению, трудно поддаются очистке.

В качестве перспективного устройства для интенсификации перемешивания в биореакторе предложен ПАПТ, схема которого представлена на (рисунке 1).

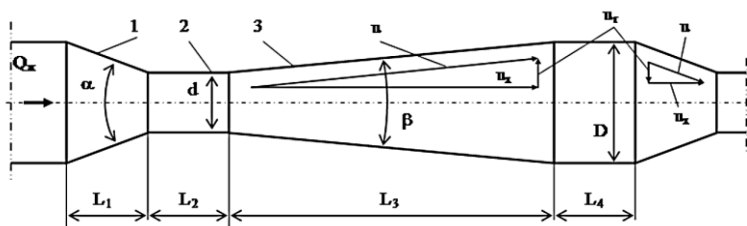


Рис. 2 Схема пульсационного аппарата проточного типа (ПАПТ).

1-конфузор, 2-горловина, 3-диффузор,  $u$ -скорость течения,  $u_r$  - радиальная компонента скорости,  $u_x$ -осевая компонента скорости.

ПАПТ предлагается с целью создания условий для максимального прямого преобразования вводимой в аппарат энергии, во-первых, в поверхностную энергию пузырей (в процессе диспергирования), во-вторых, в кинетическую энергию относительного движения сплошной и дисперсной фаз, способствующую ускорению процессов массоотдачи, как от поверхности пузырей, так и внутри них. Также следует отметить, что в системах газ-жидкость при течении в ПАПТ возникают колебательные движения, приводящие к увеличению удельной поверхности пузырей. [2]

Биореактор с ПАПТ обладает следующими преимуществами по сравнению с аппаратами с мешалкой и статическими смесителями [1,3]:

а) высокий уровень скорости диссипации энергии в малом объеме;  
б) исключается образование вторичных токов, повышается энергоэффективность;

в) простота конструкции;

г) удобство чистки и ремонта;

д) значительное увеличение поверхности контакта фаз в системах газ-жидкость;

е) отсутствие чрезмерного механического воздействия на микроорганизмы в отличие от аппарата с мешалкой, что уменьшает вероятность гибели микроорганизмов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев М. П. Интенсификация процессов диспергирования и массообмена с использованием пульсационных и вихревых воздействий на гетерогенные системы: дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2018. 204 с.

2. Галушко, А. С., Абиев, Р. Ш. Исследование гидродинамики газожидкостной смеси в пульсационном аппарате проточного типа / А. С. Галушко // Вестник Казан. Технол. Ун-та. - 2008. - № 6. - С. 199-205.

3. R. Sh. Abiev, A. S. Galushko Bubbles size and mass transfer in a pulsating flow type apparatus with gas-liquid mixture/ R. Sh. Abiev // Journal of Flow Chemistry – 2021 - №11 – С. 369–391

4. Васильев М. П., Абиев, Р. Ш. Диспергирование капель масла в воде в пульсационном аппарате проточного типа / Васильев М.П.//Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)– 2014. - №23(49) – С. 66-68

*Мартюгин А.В.*

*Научный руководитель: Володин И.М., гл. науч. сотр., д-р техн. наук, проф.  
Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ),  
г. Липецк, Россия*

## **ВЫБОР ГРАНИЦ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ**

Для поковок коленчатых валов с необрабатываемыми противовесами современных двигателей, наряду со снижением площади обрабатываемых поверхностей, предъявляют требование по ограничению дисбаланса поковок для обеспечения успешной балансировки [1,2].

Опыт штамповки поковок коленчатых валов на Кузнечном заводе ПАО «КАМАЗ» показал недостаточность выполнения требований ГОСТ 7505-89, наибольшее влияние на рассеивание дисбаланса в партии поковок влияет параметр «изогнутость» поковки [3].

Поковки коленчатого вала (рисунок 1) штампуются из стали 38MnVS6 на автоматической ковочной линии, включающей в себя ковочные вальцы RWW-3, ковочный клиновой пресс KSP-1200 силой 1200 МН, обрезной кривошипный пресс ADWP-125 силой 125 МН, выкрутной пресс НКVM-18 (не используется в этом технологическом процессе), гидравлический пресс HWAР-160 силой 160 МН для горячей правки.

Современные методы моделирования технологических процессов позволяют прогнозировать производство поковок методами обработки давлением [4-6]. Для моделирования были разработаны модель детали с виртуально обработанными поверхностями с учетом базирования на операциях механической обработки и ПО для определения дисбаланса детали по двум плоскостям балансировки в зависимости от изменяемых ключевых параметров поковки (КПП). Для примера, на рисунке 2 приведен порядок расчета дисбаланса по одной из плоскостей балансировки  $P_2$ - $P_2$ . Методы исследования базировались на основе сквозного моделирования и анализа процесса ГОШ, параметрической 3D-модели поковки в среде Siemens NX, авторского программного обеспечения (ПО), а также открытого ПО для анализа данных и средств по работе с нейросетями [7].

Для увеличения точности выбора параметров используется аппроксимация исходных данных с применением нейросетей. На

практике удобнее аппроксимировать функцию дисбаланса, тогда балансируемость поковки при пограничных значениях будет определяться с точностью аппроксимации.

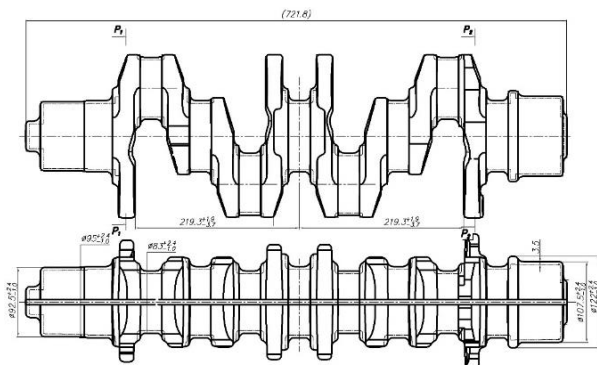
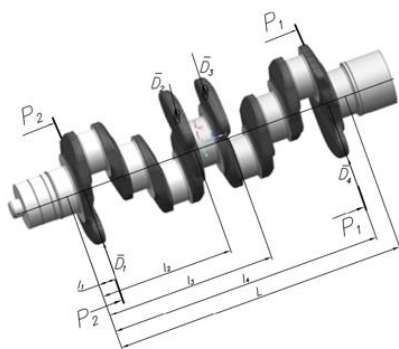


Рис. 1 Эскиз поковки коленчатого вала Р4 с ее ключевыми параметрами: P<sub>1</sub>-P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>-P<sub>2</sub> - плоскости балансировки вала



$$\overline{D}_{P_2} = \overline{D}_{1P_2} + \overline{D}_{2P_2} + \overline{D}_{3P_2} + \overline{D}_{4P_2}$$

$$\overline{D}_{1P_2} = \overline{D}_1 - \overline{D}_1 \cdot l_1 / L$$

$$\overline{D}_{2P_2} = \overline{D}_2 - \overline{D}_2 \cdot l_2 / L$$

$$\overline{D}_{3P_2} = \overline{D}_3 - \overline{D}_3 \cdot l_3 / L$$

$$\overline{D}_{4P_2} = \overline{D}_4 - \overline{D}_4 \cdot l_4 / L$$

$\overline{D}_{P_2}$  - искомый вектор дисбаланса в плоскости P<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>;  $\overline{D}_1, \overline{D}_2, \overline{D}_3, \overline{D}_4$  - векторы дисбаланса, рассчитываемые исходя из совокупности отверстий в противовесах;  $l_1, l_2, l_3, l_4$  - расстояние от рассматриваемой плоскости балансировки до соответствующего противовеса;  $L$  - расстояние между плоскостями балансировки.

Рис. 2 Порядок расчета дисбаланса по плоскости балансировки P<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>; светлым цветом выделены обрабатываемые части коленчатого вала, темно-серым - необрабатываемые поверхности

Функция вектора дисбаланса для коленчатого вала представлена в двух плоскостях в полярных координатах (4 значения на выходном слое), переменные 1...N — это КПП для конструкции коленчатого вала, в данном случае: вектор изогнутости в полярных координатах, смещение по разьему штампов и недоштамповка. Для решения данной задачи было принято решение использовать универсальное решение с использованием аппроксимирующей нейросети. Использование

нейросети позволят учесть также различные технологические подходы к конструкции поковки. С целью более полного исследования параметры нейросети подбирались с заранее заданными границами варьирования гиперпараметрами (hyperparameter) [8].

Исходя из нелинейного характера связи между КПП, направлением и величиной дисбаланса по каждой из плоскостей балансировки, выбор типов нейронов был представлен следующим набором функций активации: selu, elu, tanh, softmax, sigmoid, exponential, relu, sql. Согласно исследованиям, проведенным в [9], для аппроксимации можно эффективно использовать глубокие нейросети и при этом уменьшить веса связей. По результатам отбора была выбрана конфигурация нейросети с максимальной абсолютной ошибкой 1,9 г·см, удовлетворяющая требованиям задачи [2].

Общая схема нейросети представлена на рисунке 3. Буквами U, V, W обозначены гиперпараметры, которые будут варьироваться. К гиперпараметрам также относятся и функции активации.

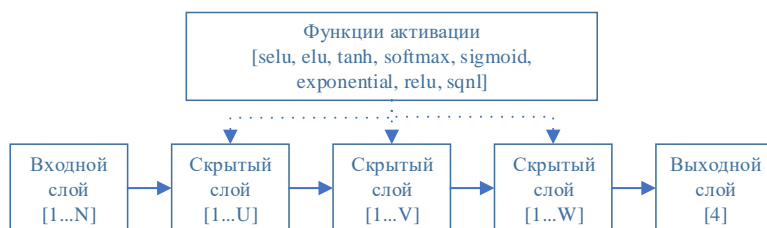


Рис. 3 Общая схема нейросети для аппроксимации данных, полученных по результатам работы программы анализа балансируемости

Данные по дисбалансу, полученные с помощью параметрической модели, были сопоставлены с физическими экспериментами при изготовлении опытно-промышленных партий. Затем параметрическую модель использовали для получения базы данных значений дисбаланса в зависимости от КПП. Анализ данных и нахождение границ КПП, в рамках которых обеспечивается условие балансируемости, потребовали определения вектор-функции дисбаланса (величина и направление).

Представленное ПО используется как инструмент анализа в усовершенствованной методике проектирования технологических процессов ГОШ коленчатых валов с необрабатываемыми противовесами [10]. В [11] описано принятие на основе методики неочевидного технологического решения, целью которого являлось снижение влияния деформации при обрезке облоя на дисбаланс повок.



Определено теоретически с помощью ПО балансируемости и подтверждено практически, что недостаточная высота полуфабриката (заниженная закрытая высота ковочного штампа) приводит к тому, что при горячей калибровке не создается необходимой объемной деформации по сечениям коренных и шатунных шеек, процесс горячей правки вала, используемой в технологии штамповки, будет нерезультативным [12], что приведет к излишней изогнутости вала и большому значению дисбаланса; завышенная высота полуфабриката (завышенная закрытая высота ковочного штампа) приводит к излишней деформации поковки при горячей калибровке и удлинению поковки сверх допуска [2]. Также технология контроля развивает и дополняет технологию обработки элементами измерения и технического анализа, способствуя правильному ведению и регулированию процесса для получения качественной продукции [13].

Поскольку наибольшее влияние на рассеивание дисбаланса оказывает изменение изогнутости поковок в партии поковок [3, 11], проведен статистический анализа процесса и исследовании устойчивости процесса по этому параметру в зависимости от других КПП. Статистический анализ показал [13], что процесс устойчив только значительных ограничениях КПП, определенных при анализе балансируемости в специальном ПО с применением нейросети [2].

Представленное исследование показали возможность успешного применения нейросетей для аппроксимации функции-вектора дисбаланса, необходимой для определения границ КПП, в которых обеспечивается балансируемость. В результате исследования определены конкретные границы ключевых параметров ГОШ, в которых обеспечивается балансируемость конечного изделия в автоматическом режиме при механической обработке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартюгин А.В. Особенности проектирования технологии штамповки поковок коленчатых валов с механически необрабатываемыми противовесами/ А. В. Мартюгин, И.М. Володин// Заготовительное производство. – 2022. № 3 - С.125-132.

2. Мартюгин А.В. Применение нейросетей для совершенствования технологии штамповки поковок коленчатых валов для обеспечения их балансируемости/ А. В. Мартюгин, И.М. Володин// Заготовительное производство. – 2021. № 12 - С.549-556.

3. Мартюгин А.В., Володин И.М. Влияние ключевых параметров штамповки и первых операций механической обработки на

балансировку коленчатого вала // Автомобильная промышленность. 2020. № 2. С. 30—37

4. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер: Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

5. Рыбин, Ю.И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / Ю.И. Рыбин, А.И. Рудской, А.М. Золотов. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 644 с.

6. Телегин, В.В. Построение имитационных моделей в задачах исследования динамики механических систем / В.В. Телегин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12 (часть 10). – С. 2125 – 2130.

7. Volodin I.M. A new resource-saving method of forming crankshafts heavy vehicles / I.M. Volodin, A.V. Martyugin // Information materials are prepared for involvement of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the Hannover Messe 2014. – Ганновер, ФРГ, 2014. – С. 16-18.

8. Bergstra J., Bengio Y. Random search for hyperparameter optimization // Journal of Machine Learning Research. 2013. 13. 281—305.

9. Xia Liu. Approximation smooth and sparse functions by deep neuralnetworks without saturation. 2020. arXiv:2001.04114v1 [cs.IT].

10. Совершенствование метода проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки коленчатых валов с необрабатываемыми противовесами / А.В. Мартюгин, И.М. Володин, А.И. Володин, Г.Ф. Биктимирова // Известия Тульского государственного университета. 2020. № 6. С. 364—371.

11. Мартюгин А.В., Володин И.М. Снижение влияния деформации при обрезке облоя на геометрическую точность и дисбаланс поковок коленчатых валов // Colloquium-journal. 2019. № 26 (50-2). Bergstra J. Random search for hyper-parameter optimization/ J. Bergstra, Y. Bengio// Journal of Machine Learning Research 13 (2012), 281–305.

12. Володин И. М. Моделирование процессов горячей объемной штамповки: монография. М.: Машиностроение, 2006. 253 с.

13. Мартюгин А.В. Прогнозирование устойчивости технологического процесса горячей штамповки поковок коленчатых валов Р4 необрабатываемыми противовесами/ А.В. Мартюгин, Г.Ф. Биктимирова, Е.Г. Валиева [и др.]// Технология металлов. – 2022. № 3 - С.36-44.

*Медведев А.А., Гольцова М.Ю.*

*Научный руководитель: Кижук А.С., канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup> *Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

<sup>2</sup> *Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет*

*им. акад. И.П. Павлова, Россия*

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ НА БАЗЕ ЧЕЛОВЕКО- МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

Новые технологии – это уникальная возможность для создания новейших систем для контроля выполнения задач технологическим оборудованием. Для его осуществления качественно соответствует классическая система управления. Она позволяет производить контроль исключительно имея ту степень автоматизации, подходящую для данной ситуации. При выполнении данной операции оператор имеет два варианта действий. Он либо программирует поведение универсального оборудования под конкретную технологическую задачу или запускает уже "зашитую" на заводе программу для специального оборудования. В большинстве случаев, необходимо нахождение человека рядом с оборудованием с целью его наладки и контроля работы. Впрочем, в наше время бывает так, что присутствие оператора вблизи от оборудования совсем необязательно и даже опасно. Например, это может быть связано с вопросами производственной гигиены, наличия вредных факторов производства или обучения персонала. К счастью, вышеперечисленные задачи легко решаются путем обеспечения дистанционного доступа к технологическому оборудованию.

Ко всем актуальным автоматизированным системам выявляются, как минимум, два важнейшие требования. Первое, они должны отвечать задачам, которые от них требуются, а именно иметь высокое качество получаемой продукции и экономить средства, выделяемые на достижения этих самых задач. Второе, это то, что системы должны отображать необходимые данные максимально обзорно и просто. Чтобы воплотить в реальность заданные цели данного типа, АСУ ТП перевоплотила свой облик, имеющий такое название как НМИ (human-machine interface) или человекo-машинный интерфейс. Важнейший

пункт НМІ – это создание подходящих условий для организации труда работника и технологического процесса [1].

Для создания комфортных условий труда и понимания процесса работы оператору в качестве диспетчера АСУ ТП, интерфейс самой системы необходимо сделать легко объяснимым, ясным до элементарного. Работник даже в критической ситуации должен быстро найти необходимую информацию, полагаясь даже в определенных моментах на интуицию. Самое главное в данной задаче, это то, что человек и машина должны взаимодействовать практически на все 100%, для достижения поставленного условия необходимо придерживаться того, чтобы просто не усложнять процесс.

Современные АСУ ТП представляют два способа воплощения в реальность вышеперечисленного интерфейса:

1. Существует вариант, который базируется на основании комплекса рабочих станций оператора, они устанавливаются в его центральном пункте управления.

2. Альтернативно, местные управления диспетчера следует разместить в отдельных цехах.

В последние годы на внушительном количестве мест комбинируют вышеперечисленные варианты воплощения человеко-машинного интерфейса. Реализуется это, как и ранее было сказано, по большей части, ради создания комфортных и простых условий работы оператора и АСУ ТП [2].

Сейчас идет такой период, когда смартфоны представляют для нас очень важный объект для жизни. Это не просто звонилка – это карманный персональный компьютер. Они открывают перед людьми такие невиданные реалии, о которых 20 лет назад еще никто даже не мечтал. В данный момент времени с помощью смартфона и специализированных приложений мы имеем возможность проследить работу, проделанную АСУ ТП и задавать указания ей с данного устройства. Большинство вышеперечисленных приложений разработаны известными во всем мире компаниями Siemens, GE, Omron и т.д. Они позволяют совершать все необходимые производству действия с НМІ, PLC и SCADA-системами в инфраструктуре АСУ ТП.

Программный пакет SCADA представляет то, без чего уже нереально думать об автоматически управляемых систем управления процессами. Также ее еще называют средой визуализации. С начала 20-го века и до настоящего времени они завоевали себе авторитет и популярность в мире технологий, повторяя мысль, сказанную в прошлом предложении «сегодня уже невозможно представить себе

объект автоматизации, на который бы не была установлена SCADA система».

В настоящее время компоненты промышленного HMI и программируемого логического контроллера (ПЛК) чаще и чаще поддерживаются мобильными приложениями. Это гарантирует людям дистанционный доступ людям для наблюдения и контроля в любое время и из любого места. Во всяком случае для безопасного доступа к промышленному оборудованию мобильное устройство должно использовать технологию VPN для шифрования данных, передаваемых с мобильного устройства в сеть предприятия. Если исключить данное условие, то необходимо будет открыть порты брандмауэра на предприятии, создав сценарий, аналогичный стандартному маршрутизатору, и оставив сеть предприятия уязвимой для кибератаки [3].

Использование VPN-хоста обеспечивает безопасное VPN-соединение для ноутбуков и мобильных устройств. Последнее – через полностью поддерживаемое мобильное приложение с VPN. Безопасно подключившись к сети предприятия через мобильное приложение VPN, можно открыть стороннее приложение HMI или ПЛК и подключить его к локальным компонентам HMI и ПЛК, это происходит как будто пользователь находится на необходимом месте, но удаленно.

Некоторые маршрутизаторы уже предоставляют VPN-хост с подключениями для ноутбуков и мобильных устройств. Также предлагают безопасное подключение к сети производства приложение на PC Apple iOS и Google Android [4].

Сделанное на базе проектов для внесения наряду с виджетами для настройки панелей наблюдения для дистанционного контроля данных программное обеспечение, способное работать в облаке, сейчас пользуется популярностью и его предлагают многие поставщики VPN.

Вполне возможно очень нужно встроенное облачное ведение журнала (лога) для производителя собственного оригинального оборудования (original equipment manufacturer, OEM) с тысячами машин, расположенных по всему миру с абсолютно различными местоположениями и имеющие своих пользователей. OEM-производитель может предоставить VPN-маршрутизатор для каждой машины, заранее запрограммированный для регистрации данных и включающий настраиваемые панели мониторинга для дистанционного наблюдения в мобильном приложении. Заказчикам такого оборудования, требуется только установить данное приложение на смартфон или планшет, не прилагая никаких больше усилий для адекватной работы системы управления.

НМІ KaScada Modbus – это программа, которое может перекалибровать устройство Android в универсальную умную панель для проектов на базе контроллеров семейства Arduino либо любых других устройств, поддерживающих протокол ModBus.

Программа предоставляет способ налаживания НМІ (человеко-машинный интерфейс) – это интерфейс между вычислительной машиной и оператором. По сути, это панель оператора. Именно НМІ дает возможность создавать отображенные эксплуатационные данные практически в реальном времени. Визуальное отражение процесса дает представление о назначении и состоянии приводов и клапанов, а также других деталях процесса. НМІ дает реалистичное представление о процессе, дает реальный способ руководства и оптимизации путем изменения производственных и технологических процессов.

Удаленный доступ на основе мобильного приложения НМІ KaScada был реализован для системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока (рисунок 1), построенной на основе принципа регулирования по отклонению. Управляемым объектом (ОУ) в этой системе является генератор с переменной нагрузкой  $R_H$ . Управляющее устройство (регулятор) состоит из источника напряжения  $u_0$ , электронного усилителя и цепи с обратной связью, по которой действительное значение напряжения генератора  $u_r$  с зажимов последнего подается на вход усилителя для сравнения с напряжением  $u_0$  [5].

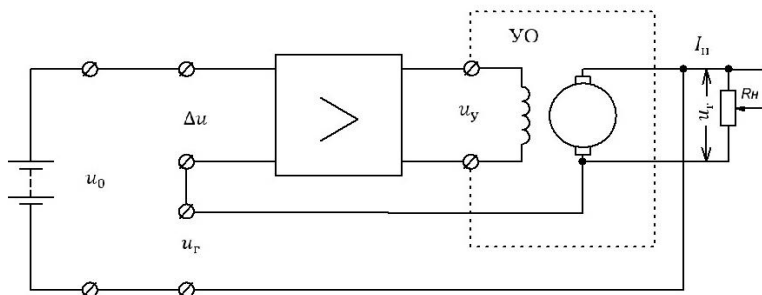


Рис. 1 Схема системы стабилизации напряжения постоянного тока

В качестве ядра разрабатываемой системы задействован микроконтроллер ATmega2560. Главные инструменты микроконтроллера – PWM (ШИМ-преобразователи 8bit, выход), порты аналоговые, по 10bit (вход) и цифровые входы\выходы, которые будут задействоваться. Графический интерфейс в среде НМІ Kaskada был реализован следующим образом (рисунок 2).



Рис. 2 Интерфейс управления системой стабилизации напряжения

На данной панели присутствуют кнопки включения и выключения подачи ШИМ сигнала, вкл/выкл задания сопротивления нагрузки для работы шагового двигателя. Задавать сопротивление нагрузки и ШИМ сигнал возможно двумя методами: цифровым и аналоговым (путем перемещения движка задатчика) (рисунок 1). Два переключателя внизу служат для смены режимов задания работы. Зеленый и красный сигналы индикаторов служат для понимания какой из режимов включен, зеленый работающий режим, красный – не работающий. Также выведен график зависимости напряжения на тахогенераторе от времени (рисунок 3).



Рис. 3 Интерфейс графика напряжения на тахогенераторе

Таким образом, можно сделать вывод, что KaScada – это бюджетное решение, которое находит применение во многих сферах промышленности, в быту и образовательных целях. Приложение позволяет управлять станками и прочим оборудованием, фиксировать данные, контролировать заданные параметры [6].

Помимо вышесказанного, задачи для дистанционного подключения к приборам, снятия с них показаний, получения необходимых данных, выключения или включения определённых исполнительных механизмов умеет решать SCADA на Android, которая позволяет подключиться к устройству по одному из доступных способов связи. Именно поэтому сейчас стоит использовать смартфоны, они как никакие другие средства представляют удобное и бюджетное средство для управления и контроля технологических процессов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луков Д. К. Человеко-машинный интерфейс // Научный журнал. 2019. №4 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/cheloveko-mashinnyu-interfeys/> (дата обращения 10.05.2022).
2. Молчанов А. А., Корнейчук В. И., Тарасенко В. П. и др. Справочник по микропроцессорным устройствам. К.: Техника, 1987. 288 с.
3. Тюрин, И. В. Вычислительная техника и информационные технологии: Учебное пособие / И.В. Тюрин. - Рн/Д: Феникс, 2018. 64 с.
4. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEЛ, 5-е изд. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. 560 с.
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.
6. HMI KaScada modbus [Электронный ресурс]. URL: <https://hmi-kascada.ru/> (дата обращения 11.05.2022).

УДК 666.94:621.926

*Мельничук В.К., Дубина Т.В., Ширококов А.Д.  
Научный руководитель: Гричаников В.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОБСЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОГ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Контроль качества дорожных работ является важнейшей задачей, стоящей перед специалистами дорожной отрасли. Плохое состояние дорожного покрытия приводит к снижению пропускной способности



дороги, возрастанию стоимости перевозок автотранспортом, росту количества дорожно-транспортных происшествий и человеческих жертв. Практика показывает, что несвоевременно проведенный ремонт значительно увеличивает затраты на восстановление дорожного покрытия по сравнению со стоимостью ремонта, проведенного в надлежащие сроки.

Своевременный контроль не просто желателен, а необходим не только после сдачи дороги в эксплуатацию, но еще и на всех стадиях ее строительства. Это помогает избежать лишних расходов и преждевременного выхода дороги из строя, вследствие неграмотно проведенных работ или применения некондиционных материалов. Профессиональная диагностика упрощает процедуру определения сроков и объемов предстоящих работ, а паспортизация упорядочивает полученную из различных источников информацию.

Диагностикой автомобильных дорог предусматривается получение полной, объективной и достоверной информации об их транспортно-эксплуатационном состоянии, условиях эксплуатации и степени соответствия потребительских свойств требованиям существующей интенсивности и состава движения транспортного потока. [1]

Основными задачами диагностики и паспортизации являются:

сбор и систематизация исходной информации о состоянии автомобильных дорог;

систематическое обследование и оценка состояния автомобильных дорог;

обоснование и назначение ремонтных мероприятий;

формирование базы данных о транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог;

информационно-аналитическое обеспечение для принятия управленческих решений.

Диагностика автомобильных дорог включает следующие этапы:

подготовительные работы;

сбор исходной информации;

полевые работы;

камеральные работы с оценкой состояния обследованных дорог, обоснованием и назначением ремонтных мероприятий;

формирование (обновление) базы данных о транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог.

С 2016 года в России действует программа «Безопасные и качественные автомобильные дороги», основными задачами которой являются снижение количества аварийно-опасных участков на дороге и

приведение дорожной сети городских агломераций в нормативное состояние. В связи с этим объемы работ значительно выше привычных. Чтобы справляться с растущими нагрузками и усиленным контролем требуется современный научно-технический подход. Решением проблемы должны стать выездные дорожные лаборатории.

Передвижные дорожные лаборатории представляют собой измерительный комплекс, установленный на шасси авто и производящий необходимые вычисления для измерения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог. [2] Мобильная дорожная лаборатория способна работать в автономном режиме, выезжая на местность, без источников питания, т.к. такие спец автомобили комплектуются генератором.

Передвижные дорожные лаборатории применяются при паспортизации, диагностике, приемке в эксплуатацию (предварительная оценка параметров), техническом и авторском надзоре за строительством, разработке проектов на капитальный ремонт и реконструкцию автомобильных дорог. Выбор конкретной модели и комплектации лаборатории, осуществляется исходя от поставленных перед ней задач.

В настоящее время есть несколько ведущих производителей таких машин. В зависимости от компании, выпустившей лабораторию различны и приборы с оборудованием, а, следовательно, и её возможности.

В качестве примера можно привести три мобильных дорожные лаборатории: КП-514 RDT «RDT-LINE» («РОСДОРТЕХ»); комплексная дорожная лаборатория «Трасса» (ООО «Спецдортехника»); передвижная лаборатория НПО «Регион».

Измерительный комплекс КП-514 RDT «RDT LINE» представляет собой совокупность высокотехнологичных измерительных систем, установленных на шасси спецавтомобиля типа Van (Peugeot Boxer, Ford Transit, Ford Jumbo, Volkswagen Crafter, ГАЗ-3221 (Газель), Газель NEXT и пр.) и предназначен для получения полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог.

Комплексная дорожная лаборатория КП-514СМП «Трасса» (усовершенствованная модель лаборатории КП-514МП). Устанавливается на шасси базового автомобиля Ford Transit Jumbo, Ford Transit Van, Iveco Daily, Fiat Ducato, Volkswagen Crafter, Peugeot Boxer, ГАЗ-3221, ГАЗ-2217. Является аналогом таких лабораторий, как АМАС (Vectra, Франция), ARAN (Fugro, Канада), Road Surfase Vehicle (GREENWOOD Engineering, Дания), Hawkeye 2000 (ARRB, Австралия).

– Передвижная лаборатория НПО «Регион» предназначена для сбора информации о состоянии автомобильных дорог и прилегающих к ним объектов.

Сравнение характеристик лабораторий представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Наличие (+), либо отсутствие (-) возможности получения данных при обследовании автомобильных дорог.

Модель лаборатории Определяемые параметры	«Трасса»	НПО «Регион»	КП-514 «РОСДОРТЕХ»
Определение координат в системе ГЛОНАСС/GPS	+	+	+
Определение длины пройденного пути	+	+	+
Система измерения геометрических параметров автодороги	+	+	+
Измерение высотных отметок	+	+	+
Измерение неровностей продольного профиля	+	+	+
Измерение амплитуды колебаний подвески автомобиля	- (Толчкомер)	+	+
Определение коэффициента сцепления колеса автомобиля с покрытием автодороги	+ (ПКРС-2У)	+	+ (ПКРС-2 РДТ)
Определение несущей способности (прочности)	+ (ДИНА)	-	+ (Прогибомер FWD-RDT)
Определение толщины конструктивных слоев дорожной одежды (системы подповерхностного зондирования)	+ (ОКО-2)	+	+ (ОКО-3)
Оценка колейности покрытия (лазерно-оптический сканер)	+	+	+
Создание ведомости дефектов покрытия	+	+	+
Видеосъемка автодороги	+	+	+

Видеофиксация обстановки автодороги	+	+	+
Учет интенсивности транспортного потока	+	-	+
Определение уровня искусственного освещения	-	-	+

Примечание: в скобках указаны названия измерительных приборов.

У каждой передвижной дорожной лаборатории имеются свои преимущества и недостатки. Однако, в наличии все необходимые наборы оборудования для проведения диагностики и паспортизации.

При том, что НПО Регион имеет самую малую комплектацию базового оборудования, необходимо отметить, что в него входит система мобильного лазерного сканирования, которая позволяет измерять положение в пространстве всех дорожных объектов, находящихся в зоне видимости сканера. С помощью сканера можно получить точечную цифровую модель поверхности дороги и придорожной полосы - «облако точек». Наличие сканера упрощает оператору программы СВПД измерение расстояний до объектов и их геометрических размеров.

Стоит отметить, что передвижные дорожные лаборатории один из наиболее современных методов обследования дорог. Так, при расчете несущей способности дорожной одежды используются показатели влажности грунтов, полученные при применении методов георадиолокации. Проведенный анализ показал, что для оценки влажности из существующих методов наиболее эффективной является система подповерхностного зондирования, включенная во все модели дорожных лабораторий, широко применяемая при диагностике дорожной одежды во многих странах. [3] Это показывает современность оборудования и обеспечивает дополнительный контроль, как выявление зон избыточного увлажнения земляного полотна, неизбежного при оттаивании грунтов.

Из проведённого исследования можно сделать вывод, что у отечественного производителя имеется все необходимое для выпуска своей качественной измерительной техники, что является отличным решением для проведения диагностики и паспортизации в то время, когда вопрос об импортозамещении столь актуален.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 33388-2015, Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. - М.: Стандартиформ 2016. – 15 с.
2. Производственная компания «Автомастер»: Передвижные дорожные лаборатории. – Точка доступа: [Электронный ресурс].- URL: <https://www.avto-master.com/catalog/2/76/>. – Дата обращения: 26.12.2021г.
3. Использование данных, полученных при георадарном обследовании автомобильной дороги, для определения мер по сохранению конструкции дорожных одежд / Процюк В.К. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2015. - N 1. - С. 23-31.
4. Одежда ездового полотна мостового сооружения / Высоцкая М.А., Курлыкина А.В., Кузнецов Д.А., Ткачева А.И // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2021. - N 4. - С. 21-35.

**УДК 681.5:621.791**

*Михайлов И.С., Васильев Д.Е., Симакова Е.А.  
Научный руководитель: Цыганков Ю.А., канд. техн. наук, ст. преп.  
СТИ НИТУ «МИСиС», г. Старый Оскол, Россия  
Череповецкий Государственный Университет, г. Череповец, Россия  
СПбУ МВД РФ, г. Санкт-Петербург, Россия*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ С СИСТЕМОЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

В современном мире широко распространено применение роботизированных технологий во многих отраслях и, в первую очередь, в машиностроении. Роботы позволяют обеспечить высокое качество выпускаемой продукции и повышение производительности. В связи с вредными для здоровья рабочими условиями в сварочном производстве роботы способны заменить ручной труд, таким образом снизить влияние человеческого фактора.

Различают две основные группы видов сварки [1, 2]:

– сварку плавлением: газовая, лазерная, электрошлаковая, электрическая дуговая, электронно-лучевая и др.;

– сварку давлением: контактная, диффузионная, трением, ультразвуком и др.

К сварке плавлением относится аргонодуговая, обеспечивающая высокое качество сварочных швов и малый нагрев свариваемых изделий, что снижает деформацию. Данная технология нашла применение в авиационной, ракетно-космической промышленности для соединения алюминиевых деталей, в том числе тонколистовых.

Сварочный процесс осуществляется в среде защитного газа (аргона) с помощью неплавящихся или плавящихся электродов. Применение роботизированной сварки плавящимся электродом значительно позволило снизить тепловложение по сравнению с ручной неплавящимся [3].

Для проверки качества сварочного шва используют различные методы, в том числе визуальный [4]. Система компьютерного зрения способна решить данную задачу для поиска видимых дефектов [5].

На начальном этапе работы поставлена задача проанализировать существующий технологический процесс и разработать структурную и функциональную схемы, которые можно использовать для модернизации производства в дальнейшем.

Структурная схема (рисунок 1) представляет собой взаимосвязанные сегменты управляющих структур, определяющая выполнения определенных функций в системе. Данная схема представляет собой графическую структуру, построенную с учетом всех функциональных узлов и их непосредственное управление.

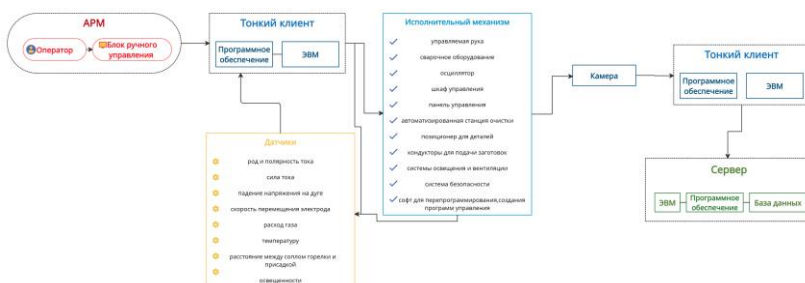


Рис. 1 Структурная схема

В структурную схему входят следующие компоненты:

а. АРМ – автоматизированное рабочее место, представляющее собой совокупность программно-аппаратного обеспечения, необходимого для построения автоматизированной управляющей структуры киберфизических систем. Для управления этой системе применен

оператор (человек и/или программное управление), отслеживающий и задающий необходимые параметры для работы производственной линии.

б. Тонкий клиент – вычислительное устройство, позволяющее передавать и принимать информацию с удаленного сервера. Использование тонкого клиента обусловлено условиями работы на производственной линии.

с. Сервер – конечное устройство, принимающее и обрабатывающее массив информации, получаемый с датчиков на производственной линии и дающий командные ответы на удаленное оборудование через тонкий клиент.

д. Датчики – устройства в производственной цепочки, применяемые в узлах, осуществляющих работу. Данные устройства снимают показатели различных параметров и передают эту информацию в контроллер и на сервер для дальнейшей обработки.

е. Исполняемый механизм – блок, совмещающий в себе техническое и программное оснащение, необходимое для проведения определенного вида работ.

ф. Камера – фотографическое устройство, фиксирующее финальный результат выполненных работ и отправляющее данные через промежуточные узлы на сервер для дальнейшей обработки и хранения.

Функциональная схема (рисунок 2) представляет собой взаимосвязанные блоки, необходимые для полноценной работы описанного нами производственного процесса. Данные блоки разбиты на технологические этапы, разделенные по выполняемым задачам.

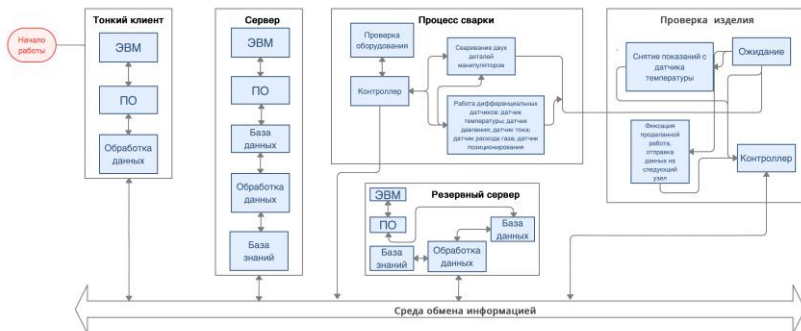


Рис. 2 Функциональная схема

В функциональную схему входят следующие компоненты:

а. Тонкий клиент – передающее и принимающее вычислительное устройство, необходимое для обработки получаемой информации, а также служащее удаленным узлом, управляемым сервером. В тонкий клиент входят следующие сегменты:

ЭВМ – аппаратная составляющая вычислительного устройства, не имеющая подвижных частей для более длительного срока использования.

ПО – операционная система с прикладным программным обеспечением, обеспечивающим прием и передачу информации к конечным устройствам через устойчивое подключение, а также набор драйверов необходимый для правильной работы подключённых устройств.

Обработка данных – обработка управляющих кодовых значений; обработка, передача полученных данных из связанных устройств.

б. Сервер – управляющее, обрабатывающее и передающее вычислительное устройство, имеющее большой запас вычислительной мощности и аналогичный ему резервный сервер для полноценной работы отказоустойчивой производственной системы. В сервер входят следующие сегменты:

ЭВМ – аппаратная составляющая вычислительного устройства, построенная с учетом всех необходимых потребностей для работы над производственной линией, снабженная графическими ускорителями для работы искусственного интеллекта.

ПО – серверная операционная система и прикладное программное обеспечение, обеспечивающее управление производственной цепочкой, сбором и обработкой статистических и фотографических данных, получаемых вовремя и на финальном этапе выполнения работ.

База данных – гибридное хранилище данных, полученных во время работы производственной линии с датчиков и камеры.

База знаний – гибридное хранилище выборочных данных, необходимых для обучения модели искусственного интеллекта, а также для создания полноценного цифрового двойника производственного сегмента.

Обработка данных – получение и отправка кодовых значений на производственную линию; обработка полученных статистических и фотографических данных, их анализ и классификация.

с. Процесс сварки – часть производственной цепочки, включающей в себя все необходимое аппаратное оснащение для проведения сварочных работ, в том числе контроллер и датчики, измеряющие показания непрерывно для качественного выполнения работы.



Проверка оборудования – выполнение статической инструкции оборудованием и обработка показателей, полученных во время тестового запуска.

Процесс сварки – процесс, управляемый программно-аппаратным комплексом, выполняемый техническим оборудованием с использованием отслеживания показателей в реальном времени.

Контроллер – микропроцессорное устройство с заданной программой, позволяющее управлять производственным комплексом и/или оборудованием, основываясь на показателях с измерительных датчиков и заданной инструкцией.

Датчики – технические устройства снимающие показатели различных величин и передающие информацию на контроллер.

d. Проверка изделия – комплекс мероприятий для автоматизированной проверки качества выполненной работы. В проверку изделия входят следующие сегменты:

Ожидание – сопряженный блок с датчиком температуры, выполняющий роль таймера для создания временного интервала между процессом сварки и проверкой работы.

Контроллер – выполнение динамической инструкции для осуществления работы данного блока.

Фиксация работы – использование камеры и необходимого для её работы освещения с целью фотографической фиксации проделанной работы и его дальнейшая отправка на сервер для обработки.

В данной работе проанализирован технологический процесс сварки и разработаны структурная и функциональная схемы для последующей реализации системы автоматизации.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Историческая справка об изобретении сварки URL: <https://welding.com/istoricheskaya-spravka-izobretenii-svarki> (дата обращения: 07.04.2022)

2. Кузьмин, А. С. Сварка металлов: виды и особенности / А. С. Кузьмин, М. Ю. Ляпунов // Проблемы науки. – 2020. – № 6(54). – С. 48-49.

3. Мухамедьяров, Т. М. Роботизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах сплава ЭП718 / Т. М. Мухамедьяров, Э. Р. Хисамутдинов // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2020. – № 2(23). – С. 91-94.

4. Таланин А. А. и др. Обзор методов контроля качества сварных соединений //Труды Международного симпозиума «Надежность и

качество». – 2017. – Т. 2. – С. 186-188.

5. Гордеев Д. В. Применение машинного зрения для поиска и обнаружения поверхностных дефектов сварных соединений // *Juvenis scientia*. – 2018. – №. 3. – С. 4-5.

**УДК 004.896**

***Михайлов Н.И.***

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

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.**

В настоящее время на производственных объектах существует необходимость в системах контроля качества, главной целью которых является повышение эффективности работы производства и улучшения качества готовой продукции. Существует множество систем контроля качества разработанные для определённых производств. Такие системы применимы к различным направлениям производственного процесса и имеют следующие преимущества [1]:

– Точность

Подходы, основанные на CV, обеспечивают более высокую степень точности в пределах допустимого допуска в каждом производственном процессе.

– Стабильность

Когда речь идет о повторяющейся работе, CV-управляемые системы выполняют монотонные задачи более эффективно. Внедрение полностью автоматизированной системы определенно ускоряет время производства, так как машине не нужно время на размышления, и по сравнению с сотрудником ее точность и повторяемость намного выше.

– Сокращенное время простоя

Автоматизированная система является эффективным инструментом для сокращения времени простоя контроля качества. Поскольку система полностью автоматизирована, она работает намного быстрее, она может работать круглосуточно и без перерывов на отдых.

– Снижение затрат

Система автоматического машинного зрения обеспечивает ощутимые экономические преимущества. При такой системе компании-производители не требуют, чтобы рабочий персонал вручную выполнял контроль над производимой продукцией, что позволяет им сосредоточиться на более важной работе.

Внедрение подобных систем контроля качества преследует следующие цели:

- обеспечения контроля качества каждой единицы продукции
- исключения «человеческого фактора»
- управление механическими устройствами сортировки и отбраковки
- контроль качества в реальном масштабе времени позволяет своевременно внести корректировки в технологический процесс и исключить брак
- интеграция в существующие производственные линии, АСУ ТП и MES

Область применения разрабатываемой системы является производство коробок из гофрированного картона. Готовые коробки собираются в партию из нескольких сложенных коробок и упаковываются. В каждой партии имеются видимые зазоры, по размеру которых оценивается качество склеивания и качество формования готовой продукции.

В связи с этим, целью данной работы является разработка программного средства для контроля качества ширины зазоров сложенных коробок в партии. При этом система должна иметь возможность переобучения под новые типы партий, отбраковка упаковки по заданным критериям и отправки информации в локальную MES систему.

Алгоритм работы программного средства контроля качества и значения, используемые в условиях отбраковки представлены на (рисунке 1).

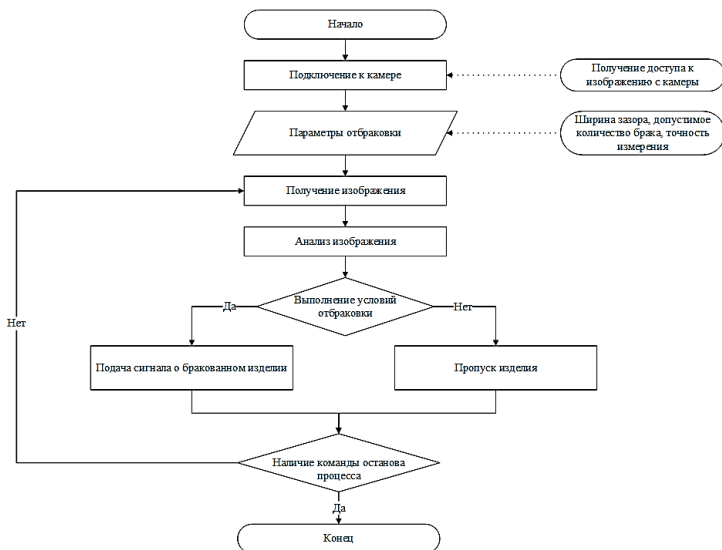


Рис. 1 Алгоритм работы программного средства контроля качества.

Для классических методов технического зрения используют метод получения битовой маски изображения и дальнейшей обработки полученного массива. Однако, данный метод очень прихотлив для внешних условий таких как фокусное расстояние, интенсивность изображение, внешнее освещение. В данной системе предлагается убрать эти ограничения, для чего потребуется использование более сложного метода.

В качестве метода анализа изображения был выбран метод машинного обучения.

Один из способов решения задачи заключается в разбиении изображения на квадратные области, затем классификация этих областей на наличие объекта и классификация самого объекта. Таким образом, изображение просматривается дважды (один раз для определения областей, где есть объект, второй — для классификации этого объекта.) Этот способ работает долго и требует больших затрат вычислительных мощностей [2].

Предлагаемый способ, а именно использование YOLO, заключается в следующем. Данная нейронная сеть относится к архитектуре One-Stage Detector. Это класс нейронных сетей, который предсказывает координаты определенного количества областей с

результатами их классификации и вероятностью совпадения. В целом, такую архитектуру можно представить в следующем виде:

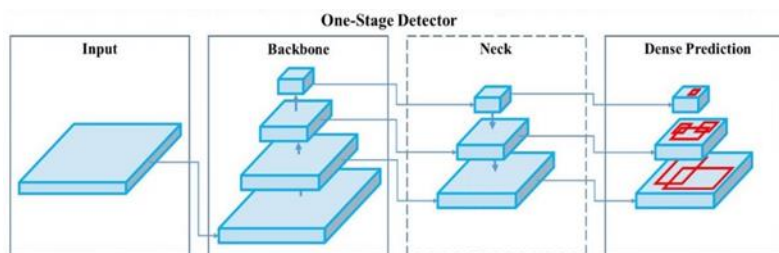


Рис. 2 Архитектура нейронной сети.

Суть обработки изображения заключается в сжатии его в матрицу, размер которой 13 на 13. В каждом элементе матрицы находится информация о наличии объекта и его классе. Таким образом YOLO производит обработку изображение за один проход, что значительно уменьшает затраты вычислительных мощностей и соответственно увеличивает скорость обработки. Подробная схема расположения слоев нейронной сети представлена на (рисунке 3). [3,4]

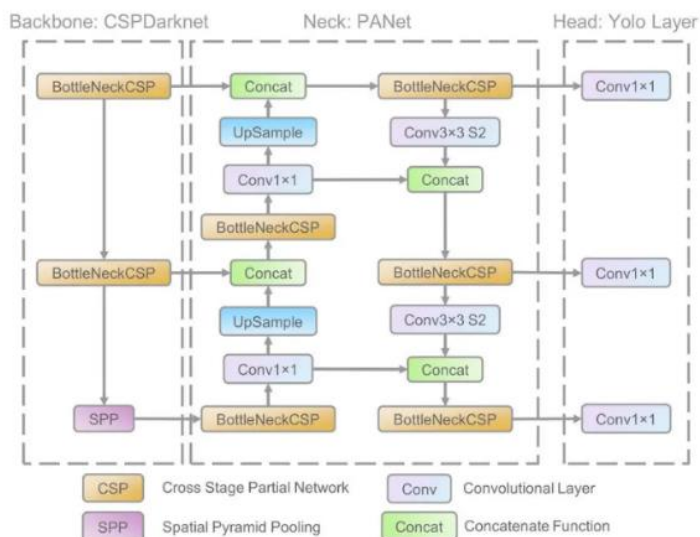


Рис. 3 Расположение слоёв Yolo.

Для данного метода следует подготовить обучающую выборку изображений. Данный этап является одним из самых важных этапов работы с задачами машинного обучения. От качества этих данных и их количества зависит качество самой модели. Для обучения была сделана и размечена выборка из 100 фотографий, предназначенных для обучения и 50 фотографий, предназначенных для валидации модели. Эта выборка была искусственно увеличена путем применения цветокоррекции и наложения разного рода шумов.

Отдельно стоит обратить внимание на техническую реализацию системы. Вследствие большого количества параллельно выполняемых процессов, таких как работа графического интерфейса, получение изображения и его анализа, было разработано многопоточное приложение, архитектура которого представлена на (рисунке 4).

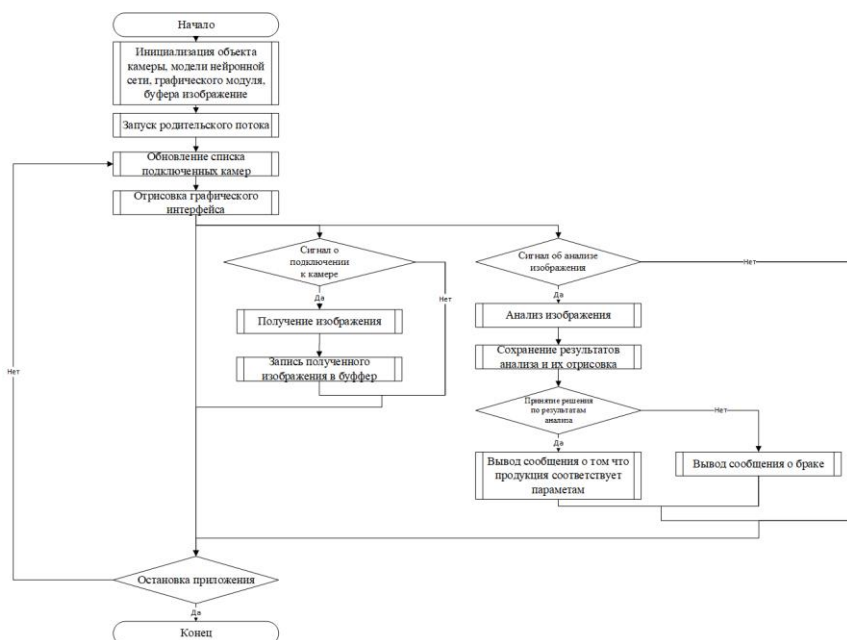


Рис. 4 Блок-схема технической реализации системы.

Основная программа системы написана на языке программирования Python. В основе графической составляющей лежит фреймворк Qt. Результатом работы служит программное средство, графический интерфейс которого изображен на (рисунке 5).

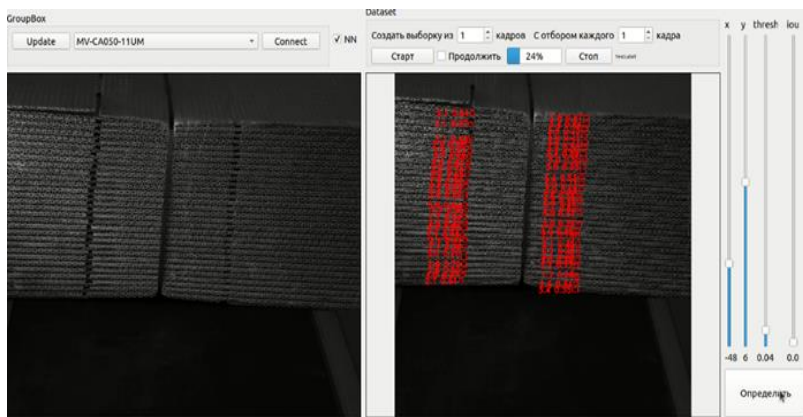


Рис. 5 Графический интерфейс программы.

В данной работе была рассмотрена задача создания системы контроля качества с применением технического зрения. Был разработан алгоритм работы системы, проведен анализ методов обработки изображения и подбор необходимого, написание программы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Computer Vision для контроля качества: [Электронный ресурс]. URL: <https://fountain.company/blog/computer-vision-dlya-kontrolya-kachestva/> (дата обращения: 15.05.22).
2. Использование YOLOv5 для задачи детекции: [Электронный ресурс]. URL: <https://newtechaudit.ru/ispolzovanie-yolov5-dlya-zadachi-detekczii/> (дата обращения: 16.05.22).
3. Huang Z., Wang J., Fu X., Yu T., Guo Y., Wang R. Dc-spp-yolo: dense connection and spatial pyramid pooling based yolo for object detection. College of information science and technology, Beijing, 2020. – С. 241-258
4. Ivanov A., Yudin D. Visibility Loss Detection for Video Camera using Deep Convolutional Neural Networks // Proceedings of the Third International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ITI’18). Vol. 1. Springer. pp. 434-443. 2018

*Мишенин А.А., Лихолетов И.А.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТРАНЗИСТОРНЫЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

Преобразовательная техника - это одна из самых обширных отраслей инженерного знания, которая описывает не только характеристики преобразовательной технике, но и их устройство и принцип работы.

Одним из примеров рассмотрим транзисторный широтно-импульсный преобразователь (ШИП) на базе машины постоянного тока.

Наиболее применяемый в промышленности методом изменения частоты вращения ДПТ является варьирование значение номинального напряжения якорной обмотки.

В настоящее время наиболее распространенными полупроводниковыми элементами являются транзисторные преобразователи. Это обусловлено тем, что при питании машины постоянного тока такие преобразователи являются полностью управляемыми.

На сегодняшний день элементная база полупроводниковых элементов – силовых транзисторов представлена такими элементами, как:

– MOSFET (униполярный транзистор с индуцированным каналом);

– IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором) [1].

Подобного рода полупроводниковые элементы выпускает ведущий производитель IGBT транзисторов - фирма International Rectifier. Придельные характеристики этих полупроводниковых элементов: ток до 1010 А, напряжение до 1510 В. Вместе с тем, такие полупроводниковые элементы имеют способность работать в ключевом режиме, с максимальной частотой 150 кГц [2].

Силовые транзисторы IGBT применяются в электроприводе с широтно-импульсным регулированием.

На (рисунке 1) представлена схема прямого привода с ШИП.



Из схемы видно, что неуправляемый выпрямитель подключен к якорной цепи двигателя постоянного тока через IGBT транзистор Т. Частота коммутации транзистора определяется выражением:

$$\omega_k = \frac{1}{T_{и}}, \quad (1)$$

где  $T_{и}$  - период импульсов,  $T_{и} = t_{в} + t_{о}$ ;  $t_{в}$  и  $t_{о}$  - время включённого и отключённого состояния транзистора.

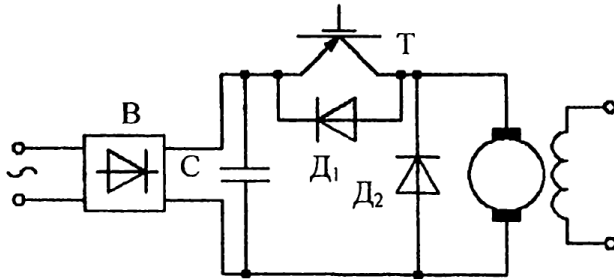


Рис. 1 Принципиальная схема прямого электропривода ШИП-ДПТ

Принципиальная схема прямого электропривода ШИП-ДПТ изображен на (рисунке 2). Здесь наглядно видно, что чем больше время включения импульса  $t_{в}$ , тем будет больше значение среднего импульсного напряжения  $U_{ср}$ .

$$U_{ср} = \gamma U_{пит}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  –скважность импульса,  $\gamma = \frac{t_{в}}{T_{и}}$ .

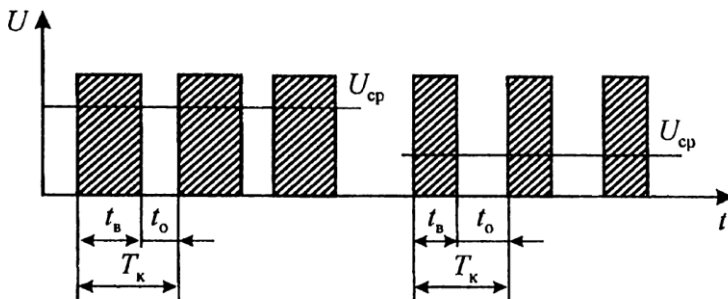


Рис. 2 График зависимости скважности импульса от его времени в системе широтно-импульсного преобразователя напряжения

Среднее значение напряжения будет считаться максимальным, в том случае если время включения будет составлять  $t_{в} = 0,95 T_{п}$ , и будет определяться следующим выражением:

$$U_{ср} = U_{max} = 0,95U_{п}, \quad (3)$$

где  $U_{пит}$  – напряжение питания с выхода неуправляемого выпрямителя.

Согласно формуле (3) среднее действующее значение напряжения уменьшается пропорционально уменьшению времени включения.

При большой емкости конденсатора  $C$  происходит приближение значения напряжения к значению выпрямленного линейного напряжения, а величина напряжения питания зависит от схемы неуправляемого выпрямителя.

Ток якоря является непрерывным из-за большого значения индуктивности в его цепи, но из-за определённого строения якоря имеет некоторые пульсации (рисунок 3) [3].

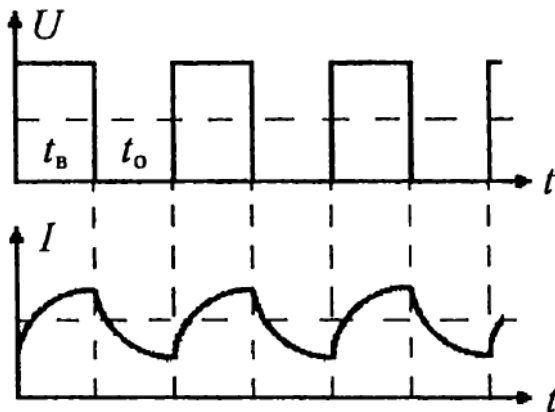


Рис. 3 Диаграмма напряжения и тока на якорной цепи двигателя при работе ШИП

В выключенном состоянии ток в двигателе протекает за счет действия электродвижущей силы самоиндукции якоря и полупроводникового диода  $D_2$ . Чем выше частота коммутации транзистора, тем будет меньше амплитуда пульсации тока якоря. Частота коммутации составляет 2-10 кГц, отсюда и амплитуда пульсаций тока в электроприводах с ШИП значительно меньше, чем в электроприводах ТП-Д с управлением от СИФУ

Электромеханическая и механическая характеристика привода с транзисторным ШИП [4] может быть записана в виде:

$$\omega = \frac{\gamma U_{\text{п}}}{k\Phi} - I \frac{R_{\text{дв}} + R_{\text{п}}}{k\Phi}, \quad (4)$$

$$\omega = \frac{\gamma U_{\text{п}}}{k\Phi} - M \frac{R_{\text{дв}} + R_{\text{п}}}{(k\Phi)^2} \quad (5)$$

где скважность импульсов составляет  $\gamma = 0 \dots 0,95$ .

Механические характеристики прямого привода с ШИП (рис. 4.) подобны механическим характеристикам прямого привода ТП-Д. При уменьшении напряжения, подаваемого на двигатель, характеристики параллельно смещаются вниз от естественной характеристики, при этом сохраняя свою жесткость.

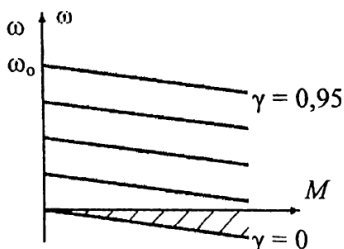


Рис.4 Механическая характеристика прямого электропривода по схеме транзисторный ШИП-ДПТ

Достоинством систем электропривода с ШИП является – малое число полупроводниковых силовых элементов, вместе с тем, еще одним достоинством такого электропривода является коэффициент мощности, данный коэффициент достаточно высокий, и так, например, для неуправляемого выпрямителя по первой гармонике практически равен единице.

Из недостатков можно отметить отсутствие режима генераторного торможения двигателя [5].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зиновьев Г.С. Основы электроники: учебник для вузов, — Новосибирск.: НГТУ, 1999. 162с.
2. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов, - М.: Солон-Р. 2001. С. 64-105.

3. Трефилов В.А. Основы электропривода, -Пермь: гос. техн. ун-т, 2007. С. 70-74.

4. Деменьтев Ю.Н., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электрический привод, - Томск: Томского политех. ун-та, 2010. С. 81-83.

5. Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П., Симоненкова О.Л. Системы автоматизированного управления электроприводами, -Минск: Новое знание. 2007. С. 116-122.

6. Саввин, Н. Ю. Двигатель постоянного тока / Н. Ю. Саввин, Н. В. Криволапов, А. Н. Мощенко // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей X Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 20 мая 2021 года. – Пенза: Общество с ограниченной ответственностью "Наука и Просвещение", 2021. – С. 55-58. – EDN NFDTEW.

#### **УДК 658.5**

*Незговорев М.С., Рогожников Б.А.*

*Научный руководитель: Мясоедов Р.А., ст. преп.*

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

### **ПОЛУЧЕНИЕ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Идея систем поддержки принятия решений состоит в попытке оптимизировать наиболее важную человеческую работу [3]. За последние пять десятилетий системы поддержки принятия решений прошли путь от автоматизированных систем для упрощения расчетов до многогранных механизмов, способных обеспечить слаженную и продуктивную работу аппаратных средств, программного обеспечения и человеческого интеллекта [1]. Основные преимущества такого подхода заключаются в обеспечении более точной обработки больших объемов данных, выявлении новых возможностей и эффективной реализации стратегий [1, 3]. Системы поддержки принятия решений, оптимизировали нагрузку на сотрудников предприятий, что привело к более точному и продуктивному бизнес-процессу [3, 6].

Системы принятия решений (DSS) - это важный инструмент, который может быстро измерить все параметры, провести глубокий анализ, выявить будущие тенденции и предложить возможные варианты действий [3]. Современная DSS способна провести анализ

будущих тенденций в различных областях и предложить бизнесу наглядную и точную информационную базу для дальнейшего принятия решения. За счёт простоты в подаче информации, без ущерба точности, система создает очевидное конкурентное преимущество для бизнеса [4]. Стоит отметить, что прогресс в области компьютерных, мобильных и интернет-технологий оказывает сильное влияние на дизайн DSS и ее возможности. Нарастающие тенденции на информационные продукты, позволяющие автоматизировать бизнес-процессы, дают возможность предположить дальнейшие направления развития систем поддержки принятия решений [5].

Рассмотрим подробнее технологические тенденции в DSS.

Системы поддержки принятия решений постоянно развиваются. Новые технологии, подходы и меняющиеся потребности бизнеса обуславливают спрос на постоянное развитие DSS [5]. В частности, увеличивающаяся производительность и доступность новых технологий оказывает наибольшее влияние на развитие и практическое применение DSS.

Эксперты выделяют ключевые разработки или тенденции, которые можно наблюдать в этом классе программных систем в ближайшем будущем [1, 3]. К ним относят:

1. GIS или Географическая информационная система.

В будущем будет играть решающую роль в области логистики. Это система, предназначенная для управления и анализа географических данных, помогает экспертам, планировать реализацию товаров или услуг на основе местоположения или производство с учётом географических особенностей. Технология GIS также способна координировать широту и высоту конкретных точек региона, для определения его пригодности при решениях о размещении производственных объектов или при проектировании нестандартных объектов недвижимости. В сочетании с GPS система GIS позволяет лицам, принимающим решения, корректировать цепочку поставок продукции в зависимости от поведения потребителей в конкретном регионе что, несомненно, является существенным конкурентным преимуществом.

Учитывая функционал и удобство, предоставляемые современными интернет-технологиями можно предположить, что в DSS следующего поколения, скорее всего, будет внедрена поисковая система для обеспечения быстрого поиска и решения конкретных проблем.

2. Новые функциональные особенности.

Если доверять мнению аналитиков, система будет способна определить практически правильный срок годности продукта без полной информации о маркировках. На данном этапе система поддержки может быть достаточно интеллектуальной, чтобы понимать эмоциональные и психологические факторы потребителя, участвующие в принятии решения о покупке.

### 3. Когнитивные функции.

Предполагается, что в будущем DSS «научится» использовать визуализацию, память, рассуждения, внимание и понимание, на основании которых будет возможно моделировать человеческие схемы принятия решений.

Интеллектуальные DSS нового поколения будут способны помочь управляющим лицам в принятии стратегических решений, определяющих направления развития бизнеса [2]. Примеры стратегических решений включают работу над следующими вопросами:

- Какие усилия, необходимы для разработки, производства и запуска нового продукта?
- Как быстрее и эффективнее продвигаться к видению компании?
- В каком направлении движется ваша компания?
- Каковы наилучшие стратегии, чтобы конкурировать и оставаться впереди?
- Что может привести к стагнации бизнеса?

С каждым годом системы поддержки принятия решений будут становиться более точными и многофункциональными. Предприятия могут рассчитывать на то, что компьютеризированные системы в будущем будут работать наравне с человеческим сознанием.

Процесс принятия решений включает в себя: использование ресурсов; определение последствий различных действий; изучение действий, предпринятых ранее; анализ прошлых и настоящих тенденций для прогнозирования будущих тенденций.

Система поддержки принятия решений имеет широкий функционал. Она способна решать широкий спектр задач:

#### 1. Сокращение цикла принятия решений.

Время играет существенную роль независимо от того, в какой отрасли применяется система и на каком уровне. С самого начала все категории систем поддержки принятия решений направлены на упрощение работы и экономию времени. DSS помогает бизнесу быстро принять эффективное решение, анализируя его плюсы и минусы. Время, затрачиваемое на изучение данных и сравнение возможных вариантов действий, значительно сокращается. Временной цикл принятия

решения становится короче, что позволяет предприятиям действовать быстро. Это, в конечном итоге, обеспечивает конкурентное преимущество.

#### 2. Повышение точности данных.

До появления DSS у предприятий было несколько заготовленных сценариев разной степени качества и точности, а иногда и вовсе один. На самом деле, эта проблема все еще актуальна для тех, кто не начал использовать какой-либо тип системы поддержки принятия решений. Причина в том, что анализ и интерпретация данных связаны с человеческой предвзятостью. Поскольку каждый человек имеет индивидуальный подход и разный уровень квалификации, лицо ответственное за принятие решения подвержено риску принятия необъективного решения [2]. Система поддержки принятия решений анализирует данные без каких-либо предубеждений и представляет их в точной форме. Это повышает вероятность принятия более эффективных решений.

#### 3. Стратегическое значение.

Система поддержки принятия решений меняет методы ведения бизнеса на более совершенные и экономически обоснованные. Важной концепцией, которая проясняет роль компьютеризированного принятия решений, является "управление цепочкой создания стоимости". Система поддержки принятия решений учитывает экономические факторы, прошлые и текущие тенденции для определения затрат, прибыли и общей стоимости. Она предлагает различные результаты или курсы действий, которые отличаются экономически и предлагают различные ценности. Система принятия решений уведомляет лицо, принимающее решение, о наилучшем курсе действий, который создает большую ценность при меньших затратах [2, 3]. Определенно, бизнес получает конкурентное преимущество, когда создаваемая им ценность превосходит понесенные затраты.

#### 4. Направленность и скорость.

Фактически, это то, что помогает организациям быть гибкими и подстраиваться под нужды определенной ниши рынка. Для них важно быстро реагировать на изменения рынка. Ручная обработка данных занимает больше времени, что сводит на нет всю идею оперативности. Система поддержки принятия решений, используя имеющуюся информацию, представляет прогнозируемые цифры доходов и ожидаемые изменения на рынке в будущем. Например, компания по продаже недвижимости полагается на DSS, чтобы решить, как установить цены на каждую квартиру так, чтобы было продано максимум квартир и прибыль достигла верхнего предела. В условиях

современного глобального рынка очень важно, чтобы компании с самого начала двигались в правильном направлении.

Анализируя все вышеописанное, можно сказать, что системы поддержки принятия решений значительно снижают затраты на сбор, сортировку, обработку и анализ данных. Руководители успешных предприятий понимают, что автоматизированная поддержка принятия решений больше не является привилегией крупнейших компаний мира. Стоимость хранения информации, аппаратного обеспечения, компьютерных и интернет-технологий имеет тенденцию к снижению. Это означает, что стоимость распространения технологии принятия решений даже для малого бизнеса снижается. Применение DSS больше не будет ограничиваться определенными отделами или иерархическими уровнями [5]. Более быстрое принятие решений на всех уровнях управления поможет предприятиям получить выгодную позицию на рынке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вопросы использования технологического предпринимательства для модернизации систем управления хозяйствующих субъектов / А. В. Борачук, В. В. Борачук, С. П. Гавриловская [и др.]. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – 140 с. – ISBN 978-5-361-00874-2. – EDN OIKYEP.

2. Контроллинг исполнения стратегических решений в сферах бизнес-процессов (на примере базовой кафедры) / Хлебенских Л.В., Сорокина В.Ю. – Актуальные проблемы экономического развития: сб. докл. IX Междунар. заочной науч.- практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019, 468 с. С.429-433

3. Методы принятия управленческих решений: Учебное пособие / А. А. Рудычев, Е. Н. Чижова, С. П. Гавриловская, Р. А. Мясоедов. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. – 171 с. – EDN ZUYOTR.

4. Никитина Е. А. Модели и методы управления развитием конкурентоспособности промышленного предприятия: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 120 с.

5. Проблемы повышения эффективности производства хозяйствующих субъектов в условиях инновационного развития экономики / Л. И. Ярмоленко, Н. А. Демура, А. А. Рудычев [и др.]. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – 156 с. – ISBN 978-5-361-00566-6.



– EDN XUCWVF

6. Рудычев А.А., Никитина Е.А., Гавриловская С.П., Новоятлев М.А. Инструментарий и методические подходы управления производительности труда с целью повышения конкурентоспособности промышленного предприятия: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 110 с.

*УДК 006.012:004*

*Нерубенко Д.Р.*

*Научный руководитель: Луценко О.В. доц.*

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

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

Большинство сфер человеческой деятельности в настоящее время претерпевают значительные изменения за счёт внедрения новых технологий, которые дают новые перспективы для повышения качества жизни и расширяют старые, уже имеющиеся возможности. При этом цифровизация является главным элементом, лежащим в основе данных преобразований. На данный момент цифровые технологии играют важную роль в современной политике инноваций и промышленности и оказывают значительное влияние на экономическую деятельность, и потому те изменения, что данные технологии привнесут в нашу жизнь, способны так или иначе отобразиться на устойчивости дальнейшего развития человечества. Данная связь демонстрирует необходимость создания и повсеместного введения единых стандартов, которые смогут сформировать и гармонизировать процесс цифровизации, направив его определенным, наиболее благополучным образом. Стандарты смогут поспособствовать повышению эффективности и производительности новых разработок при введении их в эксплуатацию, а также обеспечить возможности для замены одних элементов другими в случае необходимости, для совместимости одних продуктов с другими, для закрепления уровней качества и безопасности используемых технологий.

В настоящее время тенденция перехода к цифровой форме информации от аналоговой усиливается, при этом ускоряется и процесс цифровизации, а именно, разработки, улучшения и широкого применения цифровых или оцифрованных технологий, которые

впоследствии дополняются более новыми и сочетаются с другими технологиями и методами их эксплуатации. Таким образом, происходит процесс внедрения цифровых технологий и их систем во все сферы деятельности предприятий и организаций, тем самым полностью меняя методику подхода к рабочему процессу. Однако отсутствия контроля над подобными изменениями способно негативно повлиять на планету, увеличив потребление ресурсов и энергии и нанеся урон экологии. Стандарты призваны урегулировать процесс трансформации, снизив вероятность возникновения неблагоприятных последствий для человечества или окружающего мира. Роль стандартов в процессах цифровизации обусловлена широким спектром выполняемых задач. Среди прочего, стандарты способны расширять возможности, повышать производительность и способствовать внедрению технологий, а также минимизировать риски, повышать безопасность и поддерживать политику и законодательство. Стандарты — это добровольное дополнение к регулированию, которое способствует повышению эффективности и производительности, а также расширению масштабов решений для реализации на глобальном уровне: они являются транснациональными, основаны на потребностях пользователей и соответствуют ожиданиям и интересам множества участвующих сторон, и потому способны внести свой вклад в управление цифровизацией [1].

Цифровизация на данный момент является основой технологического улучшения экономического сектора, в связи с чем интерес к тематике умного производства со стороны государства, бизнеса и научных кругов существенно вырос. Уже сейчас можно наблюдать множество национальных программ и корпоративных стратегий по цифровой трансформации, а также рост научно-исследовательской деятельности, связанной с этой областью. В существующих на данный момент научных публикациях рассматриваются и анализируются несколько подходов к индустрии, связанной с цифровыми технологиями, и одними из них являются направления построения цифровой архитектуры на предприятии и различные эффекты внедрения цифровых технологий, как и проблемы, возникающие вследствие попыток эксплуатации новых разработок сферы информационных технологий. Однако при этом можно наблюдать недостаток исследований оценки влияния отдельных механизмов поддержки на развитие цифрового производства, в том числе и стандартизации. Деятельность по разработке стандартов способствует разрешению многих проблем, связанных с высокотехнологичной областью промышленной индустрии. Стандарты

являются фактором, способствующим договору между заинтересованными сторонами, связанному с инновационными технологиями и техническими спецификациями. Также они вдобавок играют роль распространителя данных инноваций, что согласует многие решения технологического характера, связанные со сложными системами, что способствует их дальнейшей разработке и модернизации. При этом стандарты становятся инструментом, применяемым для решения вопросов совместимости продуктов и технологий в масштабах глобального рынка, эффективности и рациональности использования тех или иных продуктов, а значит и их реализации, и дальнейшего развития, стимуляции этого дальнейшего развития или проектирования совершенно новых технологий.

Стандарты, отвечающие за регулирование внедрения и использования разработок сферы информационно-коммуникационных технологий отличаются рядом характеристик. Во-первых, эти разработки зачастую включают в себя как аппаратную, так и программную части, причём каждая из них может быть продуктом разных поставщиков или включать в себя разные способы проектирования, однако они должны обеспечивать интероперабельность. Во-вторых, замена старых информационных систем на новые сопровождается высокими расходами и перенастройкой всех систем производства, сопряжения с уже действующими системами, переквалификацией персонала и т.д. В-третьих, сетевые эффекты и их экономические результаты достигаются при условии увеличения числа пользователей [2].

Все действующие на данный момент стандарты можно подразделить на стандарты классов «де-юре» и «де-факто»: первые характеризуют формальные стандарты и разрабатываются организациями, специализирующимися на них, вторые же создаются частными компаниями в условиях рыночной конкуренции. В ходе конвергенции технологий происходит возникновение альянсов и консорциумов, встраивающихся в формальные процессы стандартизации. Цифровые же стандарты, в свою очередь, условно подразделяют на две категории:

- стандарты и законы уровня и статуса стандартов, связанные с цифровизацией экономики, с цифровой трансформацией (digital transformation) (например, Федеральный закон (проект) № 419059-7 «О цифровых финансовых активах»);

- стандарты по конкретным цифровым технологиям.

Для современной цифровой экономики наиболее важное значение имеют стандарты в области ИТ и ВТ, программирования, сетевых технологий, передачи данных, в том числе:

- стандарты на цифровые шины и интерфейсы (например, I2C; PCI; USB и др.);

- стандарты на способы кодирования и сжатия, на форматы цифровых аудио- и видеоматериалов (например, MPEG ISO/IEC, MP3 и др.);

- криптографические стандарты, стандарты на шифрование данных (например, AES);

- стандарты на языки программирования (разрабатывает, в частности, ANSI, при этом

стандартизованная версия языка получает приставку ANSI, например, ANSI C, ANSI Fortran, ANSI SQL, ANSI Pascal и др.);

- стандарты на построение компьютерных и коммуникационных сетей и сетевые протоколы (например, стандарты IEEE 802.3 на Ethernet и Gigabit Ethernet; интернет-стандарты FTP, HTTP и др.);

- стандарты на технологии цифровой мобильной сотовой связи разных поколений (от 0G до 5G, включая стандарты NMT, AMPS, CDMA, D-AMPS, GSM, GPRS, EDGE, UMTS, WCDMA, 5G NR и др.);

- стандарты цифровой транкинговой радиосвязи (например, EDACS, TETRA, APCO 25 и др.);

- военные стандарты на оборудование MIL STD;

- стандарты на цифровое телевидение (ЦТВ), телевидение высокой четкости (ТВЧ), его разные форматы (включая 720p HD, 1080i HD, 4K HDR, HDTV и т.д.)

Функциями государства в области стандартизации являются снижение рисков для участников процессов разработки стандартов и координация их действий. Государственные институты способствуют развитию партнерства и созданию альянсов на национальном уровне, часто выступая инициаторами их создания. Процессы, связанные с разработкой стандартов, способны совершенствоваться за счёт модернизации промышленности.

Стандартизация делает возможным создание и внедрение любых продуктов и технологий. На 2020 год в мире существует много организаций, занимающихся стандартизацией на национальном и международном уровне, в том числе:

- Госстандарт России (Государственный комитет РФСР по стандартизации, метрологии и сертификации);

- ANSI (American National Standards Institute – Американский национальный институт стандартов, АНИС, разрабатывает стандарты на языки программирования и интерфейсы, на сетевые протоколы, передачу данных и шифрование данных);
- ECMA (European Computer Manufacturer’s Association – Европейская ассоциация производителей компьютеров, ассоциация по стандартизации в области информационных и вычислительных систем);
- ISO (International Standards Organization – Международная организация по стандартизации с огромным набором созданных и создаваемых стандартов);
- IEC (International Electrotechnical Commission – Международная электротехническая комиссия, МЭК, занимающаяся стандартами в области электроники и электротехники);
- IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) – Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, ИИЭР (США), крупнейшая в мире профессиональная организация, отвечающая, в частности, за сетевые стандарты, стандарты по программным и инженерным системам;
- NIST (National Institute of Standards and Technology) – Национальный институт стандартов и технологий США, НИСТ [3].

Таким образом, стандартизация оказывает значительное влияние на эффективность внедрения и эксплуатации цифровых технологий, включая их совместимость и взаимозаменяемость. При этом наличие единого подхода способно расширить возможности для повсеместного внедрения технологий и продуктов различных организаций без существенных проблем, связанных с особенностями их применения. Также, в связи с интеграцией цифровых технологий в уже существующие промышленные установки и предприятия разных масштабов, модели стандартизации все больше становятся похожими на модели информационно-коммуникационных технологий, что создаёт новые возможности в сфере инноваций различных предприятий ввиду расширения как способов взаимодействия их участников между собой, так и передачи информации в целом. Полученные результаты могут быть использованы для развития цифровизации и разработки мер поддержки цифровой трансформации секторов экономики и социальной сферы, а также компаний и иных участников, заинтересованных в участии в цифровой повестке [4].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Организация Объединённых Наций по промышленному развитию, Департамент цифровизации, технологий и инноваций (DTI), Стандарты и цифровая трансформация эффективное управление в цифровую эпоху;

2. Стандартизация цифрового производства: возможности для России и ЕАЭС, Ю.В. Туровец, К.О. Вишневецкий: <https://bijournal.hse.ru/data/2019/10/22/1529817346/6.pdf?ysclid=12f4u9rlv>;

3. Статья: Цифровые стандарты (URL: <https://www.tadviser.ru/a/551430>);

4. Теория проектирования бортовых систем управления мобильными роботами, обладающих свойством живучести: монография / В. Г. Рубанов, И. А. Рыбин, А. Г. Бажанов [и др.]. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 211 с. — ISBN 978-5-4497-1468-8. — Текст : электронный // IPR SMART (URL: <https://ipr-smart.ru/117048.html>).

**УДК 004.852**

**Новожен Н.В.**

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

### **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ**

В сегодняшнее цифровое время каждый пользуется интернетом или его данные есть в сети. Поэтому существует большое количество разной информации, которую можно обработать и получить полезную информацию. Одной из таких задач является определение успеваемости студента по его данным об его обучении. Хотя существует журнал успеваемости они не всегда объективно показывают результат. Либо же каждого обучающегося мы должны рассматривать подробно, что повлечет за собой существенные временные затраты, поэтому хорошо бы было использовать алгоритм, который мог бы вычислять успеваемость на основе имеющихся данных.

Но прежде, чем выбирать алгоритм решение мы должны посмотреть на имеющиеся у нас данные. У каждого студента имеется его идентификатор, оценки за семестр, долги за последний семестр,

долги за предыдущие семестры, пропуски по уважительной и неуважительной причине, оценки за аттестацию, а также имеется статус студента. Оценки, долги за последний семестр и предыдущие мы будем считать, как среднее арифметическая, пропуски считаются количественно, а статус студента будет либо отчислен-0, либо обучается-1. После того как мы получили наборы данных, выбираем алгоритм для решения. Так как данные об пропусках собираются студентами имеет место быть необъективной оценки этого параметра (пропуски могут быть вообще не отмеченными). А также, аттестация обычно ставится не очень точно. И нужно выбрать алгоритм, чтобы он мог на основе имеющейся информации предсказать степень успеваемости.

Такой алгоритм существует это алгоритм дерева принятия решений. Если в общем случае у аналитика имеются данные и принятие решения для него — это выбор конкретного экземпляра из данных, удовлетворяющему критериям. Делается этот выбор с помощью действий каждое из которых уменьшает число оставшихся экземпляров данных для выбора и процесс заканчивается, когда остается только один экземпляр [1].

В итоге у нас получается древовидная структура, где в листьях располагаются экземпляры данных, а в узлах решающие правила. Но у этого алгоритма есть недостаток в том, что он переобучается. Поэтому мы будем использовать алгоритм случайного леса [2-3].

Случайный лес — это множество решающих деревьев, для задачи регрессии их ответы усредняются. Деревья строятся по следующей схеме:

1. Для каждого дерева выбирается своя подвыборка из обучающей выборки по которой будет строиться дерево
2. Для построения каждого расщепление просматриваем определенное количество случайных признаков
3. Выбираем наилучший признак и расщепление происходит по нему; дерево строится, либо до исчерпания выборки, либо ограничивается его высотой.

Также плюсом будет являться то, что нам не нужно выбирать вручную признак для разбиения, а также нормировать данные.

В библиотеке питона scikit-learn уже есть реализация случайного леса для задачи регрессии - `sklearn.ensemble.RandomForestClassifier` [4]. Возьмём количество деревьев-`n_estimators=510`, Максимальная глубина дерева-`max_depth=5`, число объектов при котором выполняется расщепление-`min_samples_split=2`, число признаков для выбора расщепления-`max_features="auto"`, количество процессов для

многопроцессорной обработки  $n\_jobs=-1$ , критерий расщепления  $critterion="squared\_error"$ , используются ли образцы  $bootstrap$  при построении деревьев  $bootstrap=True$ .

Алгоритм будем обучать на 70 процентах от ц начального набора данных. В качестве критерия качества модели будем считать коэффициент множественной корреляции  $R^2$  между тестовыми значениями и предсказанными. Чем ближе модель к единице, тем лучше она предсказывает, чем ближе к нулю — значит, что модель предсказывает хуже, чем линейная.

Также  $R^2$  может быть сколь угодно отрицательным так как модели может быть хуже и хуже.

Для каждого курса будет строиться своя модель. После обучения модели 2 и 3 курса  $R^2$  был в пределах от 0.7 до 0.77. Что довольно неплохо. Также для оценки влияние каждого из параметров на модель можно применить такой способ: взять данные, на которых обучалась модель и перемешать данные в одном столбце, потом заново обучить модель на перемешанных данных высчитать  $R^2$ , и если разница между начальным  $R^2$  и высчитанной велика, то это значит, что этот параметр сильно влияет на модель. Рассчитаем разницу  $R^2$  начальным и после перемешивания для каждого столбца. Результаты представлены в (таблице).

Таблица – Результаты вычисления  $R^2$  нач. и  $R^2$  перемешанное

Оценки за семестр	Оценки за аттестацию	Долги за последний семестр	Долги за предыдущие семестры	Пропуски по уважительной причине	Пропуски по неуважительной причине
0.73	0.80	0.01	0.06	0.00	0.00

Как видно из таблицы пропуски почти не влияют на модель из-за того, что, как было сказано ранее, они собираются студентами и следствие этого записываются необъективно.

Если рассчитать количество нулевых столбцов, то выяснится, что пустых полей в этих столбцах равняется 93% и 97%, что говорит о плохих данных. И благодаря тому, что мы выбрали эту модель, мы можем предсказывать успеваемость достаточно точно. А при улучшении качества данных возрастёт и точность нашей модели.

При сравнении значение  $R^2$  между случайным лесом и множественной линейной регрессией для 5 набором данных (рисунок 1), наглядно видно то, что модель случайного леса намного лучше, чем множественная линейная регрессия для этого вида задач.



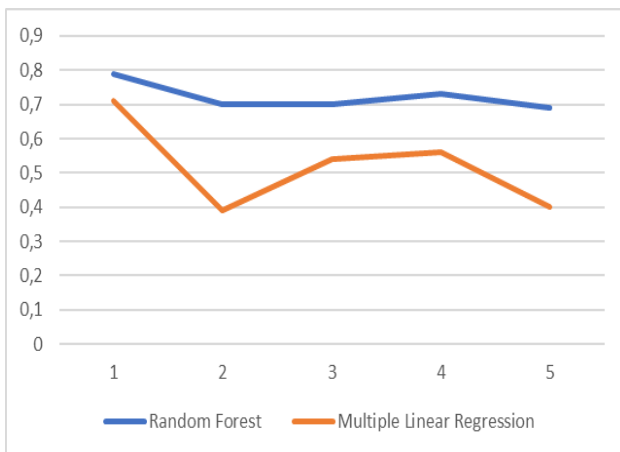


Рис. 1 Значение R<sup>2</sup> на различных наборах данных

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зуев С.В. Методы анализа данных; Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. 97 с.
2. P. Geurts, D. Ernst., and L. Wehenkel, “Extremely randomized trees”, Machine Learning, 63(1), 3-42, 2006.
3. Breiman, “Random Forests”, Machine Learning, 45(1), 5-32, 2001.
4. (scikit-learn: [сайт]. URL:<https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestRegressor.html#sklearn.ensemble.RandomForestRegressor/>).

УДК 666.94:621.926

*Овчарова С.Д.*

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

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧЬЮ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ДИАГРАММ ПОВЕДЕНИЯ

Цементная промышленность является важной отраслью производства строительных материалов и позволяет получать строительные смеси и производные различной степени прочности,

климатической устойчивости и назначения. Цемент представляет собой гидравлический вяжущий материал, который после смешения с водой и предварительного затвердевания на воздухе продолжает сохранять и наращивать свою прочность в воде. Существует три основных способа производства цемента, в основе которых лежат различные технологические приемы подготовки сырьевого материала: мокрый, сухой и комбинированный.

Климат России, а также в близлежащих регионах центральной и северной части Евразийского континента, изначально имеет влажность, которая близка для производства цемента по мокрому способу, а значит, иной способ слишком ресурсозатратный. Кроме того, качество получаемого цемента с использованием мокрого сырья и соответствующего способа производства, гораздо выше аналогично получаемого с применением сухого и комбинированного способа.

Уже разработано и внедрено множество методов автоматизации и оптимизации производства цемента. Однако главную роль в управлении по-прежнему занимает оператор, который выполняет функции принятия решения на основе сформированной на пульте управления информации, причем не исключены ошибки вследствие человеческого фактора. Создание полностью автоматической системы управления печью обжига с использованием инженерных методов автоматизации, затрудняется тем, что процессы в печи являются достаточно сложными с точки зрения математического описания, поэтому для разработки системы управления требуется применение особых методов, в частности, использовать нечеткие диаграммы поведения узлов [1-3].

Согласно данному методу, любой объект управления имеет множество входных и выходных параметров. Так входные делятся на управляющие технологические величины, возмущающие, постоянные и управляющие технологические координаты.

Схема внешних связей и внутренних величин формируют структурную технологическую схему объекта. Часть технологической структурной схемы аппарата, которая соответствует конкретной выходной технологической величине и включает все воздействующие на эту величину входные величины аппарата, направленные связи между ними с учетом всех промежуточных величин и параметров, называется узлом. Для входных и выходных технологических величин узла определяются характерные области, которые описываются функциями принадлежности. Далее переходим к построению нечеткой диаграммы поведения.

Диаграмма поведения узла – это ориентированный граф, соответствующий графу конечного автомата, вершины которого сопоставлены режимам, определяющим характер изменения выходной координаты узла, а на дугах записаны условия перехода от режима к режиму в виде булевых функций.

При применении диаграмм поведения первого ранга никак не учитывается характер изменения технологической переменной. Считается, что технологическая переменная изменяется как линейная функция. Желательно использовать нечеткие диаграммы поведения второго ранга, для которых сбор информации с объекта будет вестись не только о значении переменной, но и характере ее изменения с помощью определения знаков ее первой и второй производной (рисунок 1).

Полученная модель узла цементной печи в виде нечеткой диаграммы поведения второго ранга, отражает все различные и возможные варианты его поведения и смены режимов функционирования технологической переменной. Под режимами выходной технологической величины узла понимается качественный закон ее движения на заданном интервале, в том числе для стационарных областей. Для нечетких диаграмм поведения описание режимов производится нечеткими функциями. Число учитываемых производных определяет ранг режима [4-6].

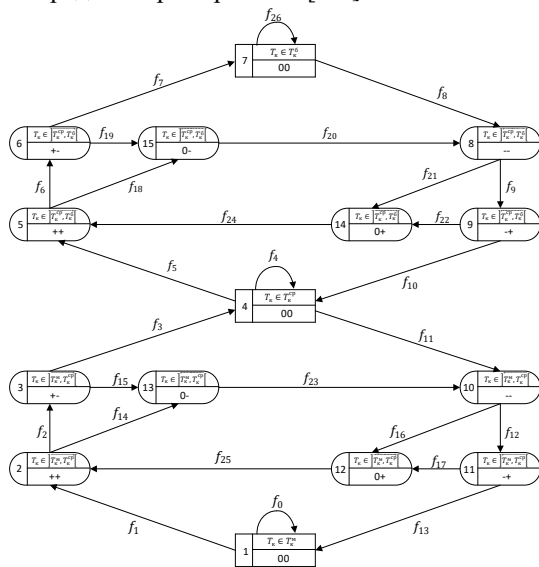


Рис. 1 Диаграмма поведения второго ранга

Лучше всего для диаграмм поведения второго ранга подходят функции принадлежности с пятью термами: «минимум», «ниже нормы», «норма», «выше нормы», «максимум» (рисунок 2). Которые получены в результате комбинации трапецеидальных и треугольных функций принадлежности. Это позволяет точнее организовать функционирование модели узла в целом.

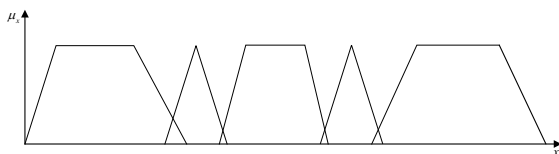


Рис. 2 Функция принадлежности

Для разработки алгоритма функционирования объекта в виде последовательности возможных режимов необходимо создание разверток. При рассмотрении разверток узлов выявляются также все аварийные ситуации.

Также анализируется совместная работа узлов с определением аварийных и нештатных ситуаций, появляющихся в объекте. Так получается с помощью мнений специалистов и данных, полученных в результате теоретических исследований. А формализация выполняется согласно связям «переход – позиция – переход» между развертками отдельных узлов, изображенных помеченными сетями Петри. Созданная совместная развертка узлов есть модель работы печи с выявленными аварийными нештатными ситуациями, предоставляющими считать ее алгоритмом для будущего создания устройства управления.

Таким образом данная методика позволяет представить модель процесса обжига в печи мокрого способа как совокупность работы разверток узлов, что позволяет управлять цементной печью, а также иными сложными объектами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев, Б. В. Технология производства цемента / Б.В. Алексеев. – М.: Высшая школа, 1980. – 266 с.
2. Магергут, В. З.; Построение логических моделей химико-технологических объектов (первичные и исходные модели) / В.З. Магергут, С.А. Юдицкий, В.Л. Перов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1988. – 80 с.

3. Бажанов, А.Г. Управление вращающейся печью для обжига цементного клинкера на основе нечетких диаграмм поведения ее узлов: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.06 / Бажанов Александр Геральдович; [Место защиты: БГТУ им. В.Г. Шухова]. – Белгород, 2013. – 19 с.

4. Ващенко, Р.А. Советующая система управления цементной печью на основе нечетких диаграмм поведения ее узлов: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.06 / Ващенко Роман Александрович; [Место защиты: БГТУ им. В.Г. Шухова]. – Белгород, 2016.

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.

6. Классен, В.К. Обжиг цементного клинкера / В.К. Классен. – Красноярск: Стройиздат, 1994. – 323 с.

**УДК 65.011.56**

**Огурцов С.Н.**

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

## **РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО АЛГОРИТМА МНОГОЗОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

Импульсное управление электрическими машинами постоянного тока при помощи силовых транзисторов по-прежнему остаётся одним из самых наиболее эффективных способов регулирования скорости вращения якоря двигателя. Существуют различные реализации импульсного регулирования: это могут быть аналоговые схемы, преобразующие выходной сигнал с тахогенератора, установленного на двигатель, в прямоугольные импульсы, модулированные по ширине, либо различные программируемые логические контроллеры. На данный момент, большой популярностью пользуются микроконтроллеры, построенные на чипе STM32, ввиду их надёжности, производительности и сравнительно небольшой стоимости.

Одним из способов усовершенствования импульсного управления является добавление нескольких зон питающего напряжения, подаваемого на электродвигатель [3]. Данный метод позволяет

добиться уменьшения пульсации колебаний тока в установившемся режиме, а также снизить величины напряжения и тока для источников питания и полупроводниковых ключей [1].

В настоящей работе производится реализация управляющего алгоритма широтно-импульсного управления двумя зонами двигателем постоянного тока с импульсным энкодером при помощи микроконтроллера STM32F4VE со специальной отладочной платой.

Разрабатываемая система состоит из электрической машины постоянного тока со встроенным энкодером, двух блоков питания на 5В, микроконтроллера, двух биполярных транзисторов КТ816А, а также вспомогательных электротехнических устройств. Принципиальная схема системы представлена на (рисунке 1).

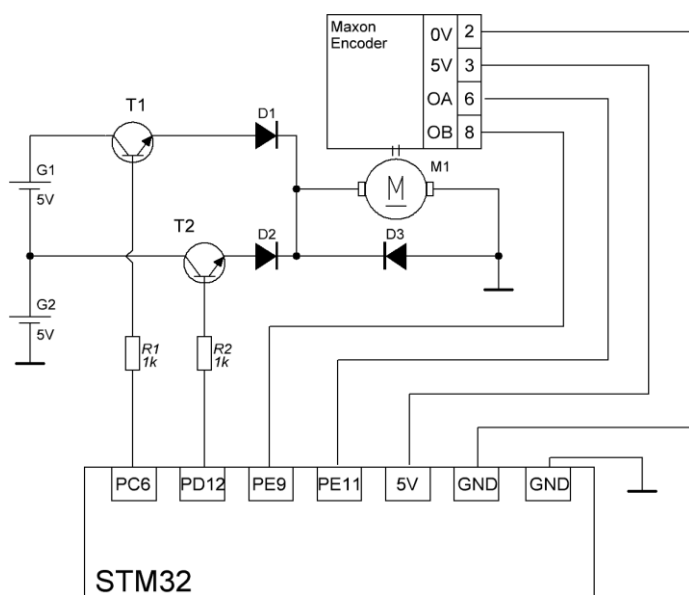


Рис. 1 Принципиальная схема

Энкодер двигателя является относительным. Для получения информации о скорости якоря используются его прямые не инверсные выходы А и В. Чтобы иметь возможность считывать приходящие импульсы с обоих выходов, они подключены к клеммам «PE9» и «PE11», которые были сконфигурированы как первый и второй каналы первого аппаратного таймера.

Для управления биполярными транзисторами задействуются клеммы «PC6» и «PD12», представляющие собой первые каналы третьего и четвертого таймеров, которые используются в режиме аппаратной широтно-импульсной модуляции.

В данной работе исследуется работа двух-зонного импульсного управления, графики работы которого представлены на (рисунке 2). Наличие двух зон питающего напряжения означает, что сигнал ошибки сравнивается с двумя пилообразными опорными сигналами в момент срабатывания тактового импульса.

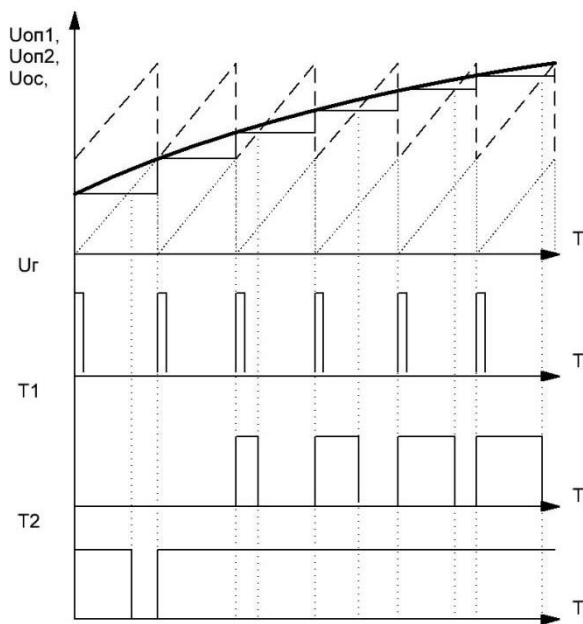


Рис. 2 Временные диаграммы работы двух-зонной ШИМ-модуляции

Однако, для реализации данного способа управления на микроконтроллере, который является цифровым устройством, необходимо рассматривать сигнал ошибки отдельно для каждой зоны. Это необходимо делать, поскольку используется аппаратная широтно-импульсная модуляция ввиду её большей надёжности и производительности, по сравнению с программной реализацией ШИМ. В таком случае, изначальные два опорных пилообразных сигнала необходимо разбить и анализировать сигнал ошибки по отдельности

для каждой зоны, рассматривая их как одно-зонные опорные сигналы, поскольку конфигурация таймеров идентична, а значит обе зоны должны быть приведены к одному и тому же опорному сигналу. В ходе анализа сигнала ошибки, необходимо провести над ним математические преобразования таким образом, чтобы итоговая скважность прямоугольного импульса для каждой зоны соответствовала скважности импульса для зоны нижнего и верхнего уровня питающего напряжения соответственно, при двух-зонном управлении.

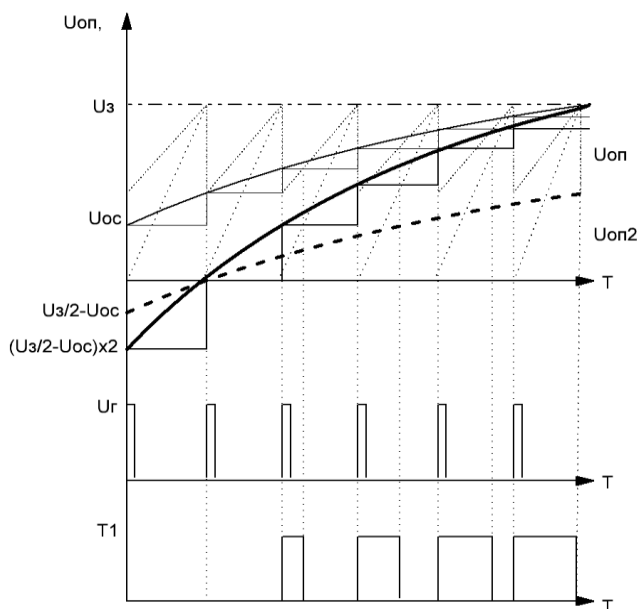


Рис. 3 Временные диаграммы работы зоны верхнего уровня напряжения

Рассмотрим работу алгоритма для верхней зоны. Временные диаграммы представлены на (рисунке 3). В данном случае, поскольку зоны всего две, амплитудой пилообразных сигналов являлась величина, равная половине от установки скорости якоря электродвигателя. А значит, поскольку в данный момент сигнал ошибки анализируется для одной, верхней зоны, из сигнала обратной связи необходимо вычитать не полную величину задания, а его половину, чтобы ограничить нижний порог работы полупроводникового ключа. Также, в данном случае,



величина уставки принята за 100% скважность, а не 50%, как в случае двух-зонного регулирования при помощи аналоговых компараторов, следовательно, чтобы итоговая скважность вычислялась корректно, необходимо умножить сигнал ошибки на количество используемых зон.

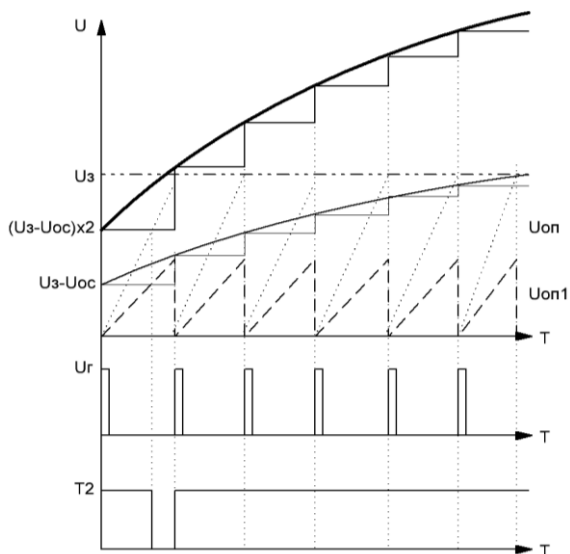


Рис. 4 Временные диаграммы работы зоны нижнего уровня напряжения

Алгоритм преобразования сигнала ошибки для нижней зоны отличается тем, что достаточно только его масштабирования. При этом, в случае выхода величины ошибки за рамки и верхней и нижней зоны, необходимо программным способом установить ограничения на величину скважности широтно-импульсной модуляции.

Для проверки работы управляющего алгоритма, была реализована система на базе микроконтроллера STM32 с реальным двигателем MAXON. Временные диаграммы работы системы были сняты при помощи осциллографа и отображены на (рисунке 5).

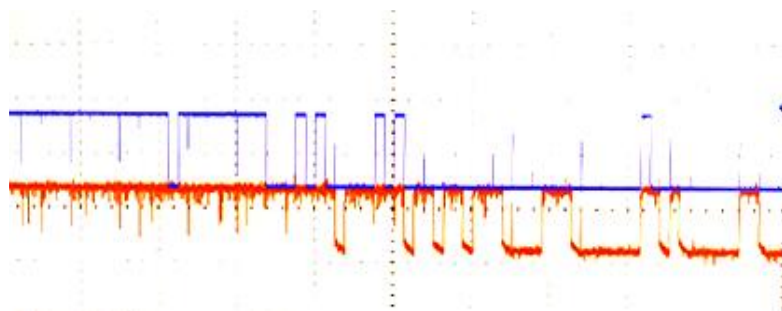


Рис. 5 Временные диаграммы работы реальной системы

Синяя линия отражает напряжение на базе транзистора, коммутирующего напряжение 10В. Красным - напряжение транзистора, коммутирующего 5В. Изначально двигатель находился в состоянии покоя. Исходя из графика переходного процесса, можно заметить, что изначально ключ нижней зоны полностью открыт, ключ нижней зоны плавно уменьшает скважность импульсов по мере уменьшения сигнала рассогласования. Далее, ключ верхней зоны перестает открываться, а ключ нижней снижает скважность до тех пор, пока скорость двигателя не достигнет заданной. Следовательно, алгоритм управления работает корректно.

В случае, когда переходный процесс системы не отвечает заданным показателям качества, можно усовершенствовать алгоритм, добавив ПИД-регулирование [2].

В данной работе была рассмотрена задача аппаратной реализации управляющего алгоритма для системы двух-зонного импульсного регулирования двигателем постоянного тока на базе микроконтроллера STM32F4VE. Были построены временные диаграммы, позволяющие проанализировать поведение алгоритма, а также проведены испытания на реальной установке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жусубалиев Ж. Т., Рубанов В. Г., Титов В. С., Яночкина О. О. Хаотическая динамика импульсных систем: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 143 с.
2. Поляков К.Ю. Основы теории автоматического управления: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГМУ, 2012. 234 с.
3. Бушуев, Д. А. Моделирование динамики многозонной импульсной системы управления двигателем постоянного тока / Д. А.

Бушуев, С. Н. Огурцов // Научные чтения: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 21–22 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 377-381. – EDN JVYUUI.

УДК 004.414.22, 004.414.28

*Олигер М.М.*

*Научный руководитель: Габитов Р.И., канд. техн. наук, доц.  
Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева, г. Казань, Россия*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА КАМЕР ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ**

Аграрный сектор – одна из важнейших составляющих экономики любого государства. Помимо весомой роли в образовании ВВП страны (у некоторых стран являющейся основообразующей), сельскохозяйственные производства, в частности отвечающие за выращивание культур, равномерно в течении всего календарного года обеспечивают население необходимыми нормами свежих овощей, фруктов и т.д.

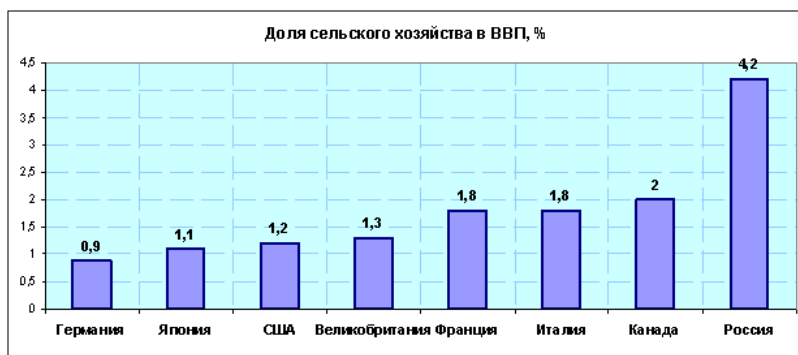


Рис. 1 Доля сельского хозяйства в ВВП стран

Однако, нахождение России в умеренной климатической зоне, не позволяет в течении всего года равномерно получать необходимое кол-

во культур из открытого грунта. Так в первой половине года населению поступает менее 10 % овощей, а с июля по сентябрь более 90 % огурцов и 70% томатов. С целью равномерного потребления населением овощей в течение года около 25 % всего их количества должно выращиваться в утепленном грунте, парниках и теплицах.

Среди технологических процессов, проводимых в камерах выращивания, основную роль играет контроль параметров микроклимата. Основными параметрами микроклимата являются: температура и влажность почвы или субстрата, температура, давление и влажность воздуха, освещенность для растений, уровень углекислого газа и др. Точный контроль необходим для соблюдения агротехнических требований и ввиду проблемы энергосбережения. Агротехнические требования подразумевают контроль, и поддержание значений параметров микроклимата в теплице в зависимости от времени суток и величины солнечной радиации. Кроме того, необходимо учесть специфических требований к параметрам микроклимата в теплице для каждого из выращиваемых растений. В свою очередь, проблемы энергосбережения, экономии и оптимального расходования энергетических ресурсов повышают роль точного контроля параметров микроклимата. Так, например, в центральном районе РФ при повышении температуры воздушной среды теплиц сверх необходимой на 1 °С, за год в расчете на 1 га площади теплиц, расходуется дополнительно 100 тонн условного топлива [1]. Поэтому к точности контроля и поддержания температуры внутренней воздушной среды теплиц предъявляются весьма жесткие требования: допустимое отклонение температуры воздуха в теплице от уровня, заданного агротехническими требованиями, составляет всего  $\pm 1$  °С. Примерно такой же перерасход топлива возникает при нарушении требуемых границ управления влажностью воздуха в теплицах.

Таким образом, для соблюдения агротехнических требований развития растений и экономного использования энергоресурсов необходим непрерывный автоматический контроль параметров микроклимата в теплице, не говоря о том, что данные системы увеличат производительность не только больших производств, но и маленьких фермерских хозяйств, позволяя наращивать объемы и сокращать трудозатраты человека по поддержке благоприятных условий выращивания, оставляя за ним право производить регулировку основных параметров микроклимата и мониторинг собранных системой данных.

Требования, предъявляемые к системе контроля микроклимата камер выращивания:

1. Точность измерений – любое отклонение системы от заданной нормы может привести к большим затратам энергоресурсов и потери среди урожая;

2. Отказоустойчивость – система, в контексте ее возможностей, должна обеспечить бесперебойный, непрерывный технологический процесс контроля микроклимата. Ни один из модулей системы, вышедший из строя, не должен выводить из строя всю систему;

3. Масштабируемость – система должна быть гибка к изменению количества контролируемых камер, датчиков, модулей. В частности, программное ядро системы должно позволять разработчикам добавлять новый функционал без необходимости изменения самого ядра;

4. Дешевизна – аппаратная часть системы должна составлять малую часть стоимости всего комплекса. Этот параметр может достигаться путем анализа необходимых вычислительных мощностей контроллера и технических характеристик измерительного оборудования, оптимизацией количества составных частей аппаратного обеспечения;

5. Сбор данных, статистика, анализ – система должна вести учет параметров микроклимата для последующего анализа оптимальных значений, которые должны поддерживаться в конкретной камере выращивания.

6. Информативность – система должна предоставлять пользователю информацию о своем состоянии и состоянии микроклимата в удобном и понятном для него виде.

Исходя из представленных выше требований, можно сформировать схему из минимально необходимого набора компонентов, необходимых для функционирования системы:

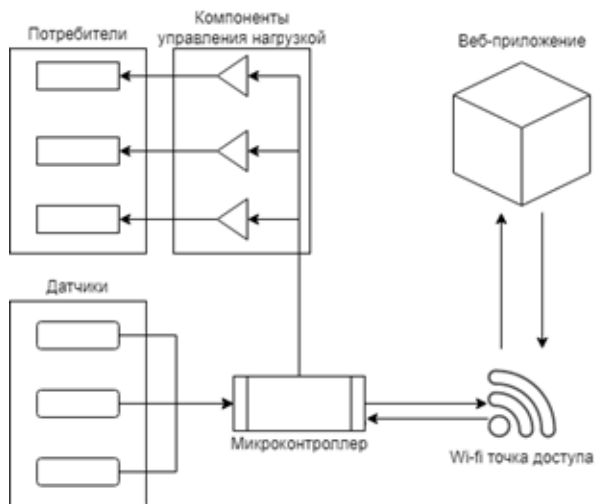


Рис. 2 Схема компонентов системы контроля микроклимата

Тем самым, система будет состоять из нескольких основных базовых частей:

1. Микроконтроллер с wi-fi модулем;
2. Датчики параметров теплицы (влажность воздуха, влажность почвы, температура воздуха, температура почвы, уровень CO<sub>2</sub>, уровень освещенности и т.д.);
3. Потребители, влияющие на параметры системы, управляемые контроллером (увлажнители, нагреватели, сплит-системы, жалюзи, ставни с электродвигателями, насосы, вентиляторы);
4. Компоненты для управления нагрузкой (реле, диммеры, транзисторы);
5. Wi-fi точка доступа для подключения контроллера к сети интернет;
6. Веб-приложение, предназначенное для интерактивного взаимодействия пользователя и системы.

Ядро системы – программируемый микроконтроллер, имеющий wi-fi модуль для беспроводного выхода в интернет, с подключенными к нему датчиками и компонентами управления нагрузкой. Микроконтроллер считывает показания датчиков и по полученным данным принимает решение об управлении потребителями. Также данные с датчиков через точку доступа попадают на сервер веб-приложения для отображения и сохранения статистической

информации с целью последующего анализа. В свою очередь, с сервера приходят сигналы управления микроконтроллером или данные о заданных параметрах системы. В серверную часть приложения может быть добавлена многомерная база данных (OLAP-куб), при помощи которой, регулируя создание различных срезов куба, появится возможность производить полный анализ считываемых данных. Для такой реализации необходима модернизация схемы основной базы данных, а точнее добавление новой схемы по типу «звезда» или нормализованного ее аналога «снежинка», а также создания автоматизированного процесса по запланированному переносу данных из основного хранилища в многомерное. Например, целью анализа является определение кол-ва выращенной культуры (килограммы) в зависимости от параметров микроклимата. Тем самым, куб будет состоять из 3-х измерений: время, параметр микроклимата, тип выращиваемой продукции, а на пересечениях данных измерений будет искомым результат.

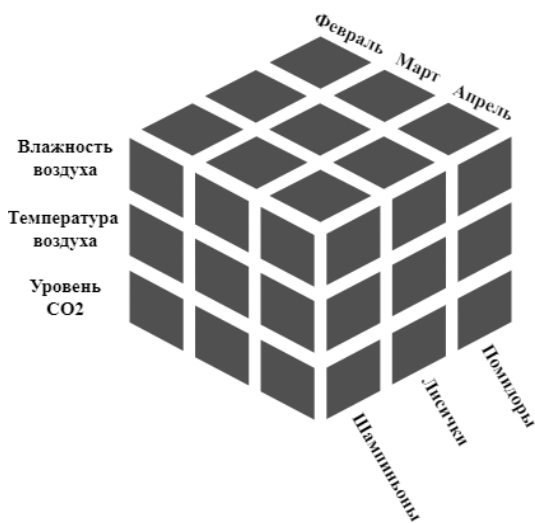


Рис. 3 Пример OLAP-куба

Одной из первых задач является выбор аппаратного обеспечения системы. Первый этап данной задачи – выбор управляющего устройства. Необходим достаточно производительный микроконтроллер с возможностью присоединения к беспроводной точке доступа для последующего выхода в сеть интернет. Контроллер должен иметь достаточное кол-во входов и выходов для подключения

всевозможных датчиков и нагрузок, что в целом может быть решено при помощи расширителя портов, однако, в таком случае, контроллеру необходимо обладать на своем борту I2C шиной – двунаправленным протоколом передачи данных, позволяющим производить контроль нескольких схем в рамках одного устройства [2]. Приоритет отдается управляющему устройству с большой открытой базой программных библиотек для возможности интеграции с большим количеством подключаемых устройств и упрощения процесса разработки прошивки. Для обеспечения бесперебойности контроля технологического процесса, ввиду возможного отключения питания, микроконтроллеру необходим механизм кэширования заданных параметров микроклимата. Для этого подойдут устройства с EEPROM - электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство, в которое, по прошествии заданного интервала, будут записываться текущие параметры системы, а после отключения питания и последующего включения микроконтроллера, если доступ в интернет не был восстановлен, параметры будут считаны и заданы из его памяти. Следующий этап – выбор датчиков. На рынке представлен огромный выбор разнообразных устройств, позволяющих производить измерения. Конечно, главным критериям выбора является совместимость и наличие библиотеки для выбранного контроллера. Также немаловажным составляющим будет точность датчика и диапазон его возможных измерений. Если с диапазоном проблем возникнуть не должно, то точность измерений – это одно из составляющих ценообразования измерительного устройства, так что необходимо подобрать оптимальные значения погрешностей измерения для каждого из параметров. В свою очередь, компоненты управления нагрузкой выбираются в соответствии с потребителем, на которого он и будет направлять нагрузку. Для устройств, которым необходим контроль подаваемого напряжения, может подойти диммер. Для потребителей переменного тока с двумя возможными состояниями (вкл./выкл.) подойдет реле или его твердотельный износостойкий аналог, а для потребителей постоянного тока можно использовать простые транзисторы.

Таким образом, спроектировав и разработав автоматизированную систему контроля микроклимата камер выращивания растений и грибов, у фермерских хозяйств будет возможность предоставить управление одним из основных процессов производства растительной продукции отлаженной программной системе, позволяя перенаправить свои ресурсы на другие сферы производства. Также этот шаг позволит более точно определять проблемные места фазы выращивания, что



поможет оптимизировать технологический процесс, уменьшая производственные потери. А учитывая какой потенциал к модернизации имеет данная система, она может стать у ряда государств одной из приоритетных к разработке.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. П.Е. Ухаров. Методы управления обогревом теплиц в условиях информационной неопределенности: диссертация кандидата технических наук : 05.13.06.- Москва, 2005.- 165 с.

2. Jack G. Ganssle. The art of designing embedded systems. Butterworth-Heinemann, 2000. – 312 p. – SBN 0-7506-9869-1.

3. Yogendra, S. P. Internet of Things and Nodemcu A review of use of Nodemcu ESP8266 in IoT products / S. P. Yogendra. — Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. — 2019.

*УДК 658.513.1*

*Оникийчук К.А.*

*Научный руководитель: Маковецкая-Абрамова О.В., канд. техн. наук, доц.  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБЛАСТИ СТОИМОСТНОГО ИНЖИНИРИНГА**

В настоящее время наиболее часто поднимается проблема удорожания строительства объекта относительно проектно-сметной стоимости. Финансовое планирование и контроль стоимости на всех этапах реализации проекта являются важными составляющими процесса управления и значительно влияют на получение желаемого результата.

Система стоимостного инжиниринга – это современная методика, подразумевающая использование постоянно улучшающихся технологий и внедрение новых программ для упрощения процесса управления проектом.

Для увеличения эффективности функционирования аппарата контроля необходимо начать использовать новые технологии, другими словами, необходимо максимально автоматизировать весь процесс. Таким образом, регулировать деятельность компании станет легче, а

значит это должно привести к повышению инвестиционной привлекательности объектов этой компании [1], [2].

Можно сделать вывод о том, что эффективность управления инвестиционно-строительными объектами напрямую зависит от использования информационных технологий в бизнесе [3], [4].

Необходимость информатизации стоимостного инжиниринга объясняется тем, что внедрение современных систем электронного документооборота и управления проектированием в строительной сфере позволяет сократить количество ошибок при разработке и оформлении проектной документации, экономит время и трудозатраты при внесении изменений в проектные документы, повышает эффективность работы проектировщиков с электронной проектной документацией [5], [6].

Для контроля эффективности выполнения проекта в системе стоимостного инжиниринга предусмотрено создание:

- календарно-сетового графика;
- интегрированного целевого плана;
- базисного бюджета.

Для календарно-сетового планирования, в том числе для построения диаграммы Ганта, существует множество программ. Это могут быть и простые общедоступные программы, как Excel и Smartsheet, так и большие профессиональные программные комплексы, как Microsoft Project и Primavera.

По функциональности инструментарий управления проектами можно разделить на две группы:

- системы календарного планирования и контроля (СКПК);
- профессиональные системы управления проектами (ПСУП).

Стоимостный инжиниринг подразумевает использование продуктов второй группы, так как для качественного и эффективного выполнения проекта необходимо одновременно следить за многими показателями (за стоимостью, сроками, ресурсами). Среди профессиональных систем управления проектами получили распространение следующие продукты: Microsoft Project, Primavera, Open Plan Professional, Spider Project, Artemis, Niku, Plan View и Business Engine.

В Microsoft Project данные о проекте можно разделить на две группы: данные о задачах и данные о ресурсах. На основе этой информации Microsoft Project создает различные представления с использованием фильтров, группировок, сортировок. Удобство данной программы состоит в том, что для внесения изменений или просмотра

информации достаточно просматривать лишь часть, необходимую для анализа.

Целью использования Microsoft Project является повышение эффективности календарного планирования строительного производства объектов за счет создания автоматизированной системы для оптимизации календарных планов с привлечением дополнительных ресурсов по времени и по затратам. Эта программа базируется на принципе определения стоимости «снизу-вверх». Microsoft Project дает возможность проработать и детализировать задачи, состав работ и ресурсов.

Microsoft Project эффективна при использовании для малых, средних и больших объектов, программа универсальна и удобна для всех типов проектов. Также в данной программе существует возможность обмена данными с разными типами программных обеспечений (Microsoft Office, Autodesk Navisworks).

Основные аспекты программного обеспечения Primavera включают в себя планирование, управление рисками и возможностями, управление ресурсами и управление контрактами. С помощью данной программы определяется, когда могут возникнуть риски и как это повлияет на график проекта.

Primavera позволяет создать активное взаимодействие и улучшенную коммуникацию между всеми участниками проекта. Информационная корпоративная система данного программного комплекса обеспечивает каждого сотрудника нужными ему программными модулями, которые помогают решать поставленные перед ним задачи. Участники получают информацию по проектам, в которых они задействованы, независимо от выполняемой роли.

Программа Primavera предназначена для автоматизации процессов управления проектами в соответствии с требованиями PMI, IPMA и стандартами ISO. Это программное обеспечение помогает легко и эффективно планировать, контролировать и управлять стоимостью и ресурсами проекта.

Open Plan Professional – система, которая предлагает широкий выбор и большие возможности по ресурсному и финансовому анализу. Она часто применяется большими корпорациями, в которых присутствует многозадачная и многопользовательская работа.

Программный комплекс Open Plan Professional помогает разрабатывать модель проекта, анализировать работы по методу критического пути, анализировать затраты по проекту на основе фактической выработки, анализировать риски. Программа обладает удобными средствами ресурсного планирования, средствами расчета и

контроля. Она обеспечивает иерархическое разбиение проекта на компоненты, которые проще поддаются планированию и контролю.

В отличие от других программ Open Plan Professional позволяет проводить анализ и перепланирование не только для людей и оборудования, но и для материалов. Данная система также предусматривает два метода вычисления сроков работ: планирование при ограниченном времени и при ограниченных ресурсах.

Также достоинством данной программы является возможность определять и оценивать риски. С ее помощью можно вводить оптимистические и пессимистические параметры работ для отслеживания тенденций и для анализа рисков. Open Plan Professional обладает системой предоставления отчетов, которые помогут понять влияние неопределенностей при реализации проекта.

Сравнение наиболее распространенных программных обеспечений в сфере планирования и контроля проектов представлено в (таблице 1).

Таблица 1 – Профессиональные системы управления проектами

	Microsoft Project	Primavera	Open Plan Professional
Применение	Календарное планирование и контроль проектов любого масштаба	Планирование, управление рисками и ресурсами любого проекта	Планирование, контроль, управление рисками и ресурсами большой компании
Характеристика	Создает критический путь, визуализирует диаграмму Ганта	Множество специализированных систем управления для каждой подзадачи	Ресурсный и финансовый анализ
Возможность обмена данными	Есть (Microsoft Office, Autodesk Navisworks и др.)	Есть (Microsoft Office, другие продукты Primavera)	Есть (внутри продуктов Open Plan)
Стоимость	≈ \$1000	≈ \$3180	≈ \$6000

Достоинства	Эффективное решение задач анализа проекта Возможность координации большого числа пользователей	Минимизация рисков Улучшенная совместная работа Возможность дробления больших проектов на части	Полный набор функциональных возможностей Встроенный модуль безопасности
Недостатки	Необходимость наличия экспертов для качественного контроля Ограничения в web-интерфейсе на укороченном цикле	Отсутствие отслеживания объемов выполненных работ Сложность освоения интерфейса	Высокая стоимость лицензии Сложность освоения всех возможностей программы

Полным набором функциональных возможностей обладает система Open Plan Professional, но она также является и самой дорогостоящей. Применять ее выгодно в организациях с большим потоком проектов и большим количеством задействованных людей. Программы Microsoft Project и Primavera обладают своими достоинствами и недостатками, но в целом они идентичны.

Использование современных технологий показывает свою эффективность при реализации инвестиционно-строительных проектов и в России, и за рубежом, так как увеличивается скорость, объемы, качество строительства, экономятся бюджетные средства и увеличивается ответственность за обслуживание подразделений перед потребителями на протяжении всего жизненного цикла объекта.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. Москва: Финансы и статистика, 2006. 240 с.
2. Waszkiewicz M., Gumienny K. Benefits of using IT systems in multi-sector projects: A case study of the Polish construction industry // Procedia Computer Science. 2021. № 192. С. 4269-4278.
3. Ресин В.И., Бачурина С.С., Корягин Н.Д., Сухоруков А.И., Ерошкин С.Ю. Особенности управления российскими инвестиционно-

строительными проектами // Мир новой экономики. 2016. № 045(004). С. 115-126.

4. Лю Ю., Зуб А.Т. Эффективность управления строительными проектами // Инновации и инвестиции. 2020. № 10. С. 84-89.

5. Веретенникова О.В., Генова А.А., Ляхова А.С. Необходимость информатизации стоимостного инжиниринга в контексте управления инвестиционно-строительными проектами // Экономика строительства и городского хозяйства. 2019. № 1(15). С. 23-29.

6. Tohidi H. Review the benefits of using value engineering in information technology project management // Procedia Computer Science. 2011. № 3. С. 917-924.

*УДК 006.012*

*Папутин Е.А.*

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

## **СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИ ИНЖИНИРИНГЕ, СОПРОВОЖДЕНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ SCADA-ПРОЕКТОВ**

В условиях непрерывного развития техники и науки и перехода промышленности на новый технологический уклад инновационный путь развития приобретает ключевое значение. Важным способом активного применения инноваций является стандартизация. Она помогает новым идеям и изобретениям становиться реальными открытиями. Если научное достижение стандартизировано, то оно будет принято научно-техническим сообществом. И именно стандартизация позволяет эффективно обобщать современные достижения науки и техники, а также излагать их для практического применения.

Вопросы стандартизации имеют очевидное значение при создании сложных технических систем, однако до недавнего времени они не входили в число первоочередных при реализации SCADA-проектов. В настоящее время усложнение архитектуры и задач, решаемых промышленными системами сбора, обработки данных и управления, неуклонный рост объемов обрабатываемой информации выводят необходимость стандартизации в число ключевых условий

обеспечения, требуемых функциональных и эксплуатационных характеристик таких систем.

Непрерывное развитие функциональных возможностей, реализация новых сценариев использования, адаптация к меняющимся требованиям и другие подобные аспекты, связанные со значительными структурно-функциональными изменениями в процессе эксплуатации, – также характерные черты современных промышленных SCADA-платформ уровня предприятия, холдинга, распределенного производственного объединения или объекта инфраструктуры. В связи с этим стандартизация должна распространяться на все этапы жизненного цикла систем (инжиниринг, развертывание, сопровождение, модернизация, а также дальнейшая интеграция).

Перечисленные обстоятельства определяют актуальность вопросов стандартизации при создании и эксплуатации крупномасштабных систем оперативного диспетчерского управления производственными процессами и инфраструктурными объектами. В данной статье были рассмотрены особенности и подход к стандартизации прикладного информационного обеспечения SCADA-систем.

Отсутствие стандартизации на уровне промышленных информационных систем влечет следующие риски:

- снижение надежности, производительности и качества выполнения целевых функций контроля и управления;
- увеличение сроков инжиниринга, тестирования и ввода в эксплуатацию;
- риски, связанные с вопросами кибербезопасности;
- сложности при эксплуатации, обслуживании, расширении и модернизации.

Перечисленные риски относятся не только к техническим вопросам реализации и эксплуатации систем, но и являются экономически значимыми аспектами, напрямую влияющими на финансовые показатели деятельности предприятий.

В свою очередь, стандартизация промышленных систем сбора, обработки данных и управления позволяет обеспечить:

- прозрачность и предсказуемость процессов инжиниринга, внедрения и модернизации;
- долгосрочную гарантию поддержки базовых технических решений информационных структур;
- эффективное взаимодействие заказчиков и подрядчиков (системных интеграторов) в рамках их сфер компетенции;

– достижение целевого уровня унификации и совместимости при интеграции и расширении.

В настоящее время можно выделить следующие объекты для стандартизации в SCADA-проектах (рис. 1):

- архитектура и конфигурация системы;
- модель данных;
- интерфейс пользователя;
- описания тревог и сообщений;
- информационная безопасность;
- роли и группы пользователей;
- правила именования;
- структура и правила оформления кода;
- структура запросов к БД;
- отчетные формы и документация;
- ошибки и исключительные ситуации.



Рис. 1 Объекты и области стандартизации в SCADA-проектах

Внедрение, поддержание актуальности и развитие SCADA-стандарта на предприятии – непрерывный процесс, требующий участия



всех заинтересованных подразделений. Хорошая практика – создание и развитие SCADA-стандарта корпоративным центром разработки. Воплощение стандарта или его частей в виде тиражируемых программных компонентов или библиотек может также осуществляться подрядными организациями.

При разработке корпоративного SCADA-стандарта целесообразно использовать ранее накопленный опыт построения систем диспетчерского управления и сбора данных, принимая во внимание развитие технологий и современные подходы к архитектуре таких систем.

Стандартизация при реализации крупномасштабных систем сбора, обработки данных и управления для промышленных и инфраструктурных проектов является необходимым базисом процессов инжиниринга, развертывания, сопровождения, модернизации, а также дальнейшей интеграции и/или миграции.

Стандартизация позволяет существенно снизить риски в отношении сроков реализации проектов, надежности и производительности систем, качества выполнения целевых функций контроля и управления. Также стандартизация является действенным способом сокращения затрат на эксплуатацию, обслуживание, расширение и модернизацию.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ Р 57306-2016 Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
4. Порхало В.А., Рубанов В.Г., Бажанов А.Г., Луценко О.В. Автоматизированное проектирование системы управления роботизированной платформы с применением Adams и Matlab// «Известия Юго-Западного государственного университета» Том 24, №4(2020) - С.217-229.
5. Рубанов В.Г., Коробкова Е.Н., Луценко О.В. Метод синтеза формирователя тестовой последовательности с перестраиваемыми параметрами, основанный на представлении логических функций в обобщенной форме //Сетевой научный журнал «Информатика. Экономика» - 2020. -№3.- С.583-599.

*Пекарский П.В.*

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

## **РОЛЬ СТАНДАРТОВ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТИПА ТЕРМОПАР ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Термопара - устройство, которое состоит из пары проводников различных материалов, соединенных на одном конце. Принцип действия основан на эффекте Зеебека. Между соединенными проводниками имеется контактная разность потенциалов. Если стыки связанных в кольцо проводников находятся при одинаковой температуре, то сумма таких разностей потенциалов равна нулю. Когда же стыки разнородных проводников находятся при разных температурах, разность потенциалов между ними зависит от разности температур. Коэффициент пропорциональности называют коэффициентом термо-ЭДС  $U$  разных металлов коэффициент термо-ЭДС разный и разность потенциалов, возникающая между ними также будет различна.

Термометры сопротивления работают по иному принципу, нежели термопары. Изменение температуры преобразователя влияет на количественные характеристики колебаний, возникающих в кристаллической решетке металла, что вызывает изменение электрического сопротивления датчика. Таким образом, можно установить зависимость изменения сопротивления от температуры.

Первое зарегистрированное предложение использовать открытие Зеебека в качестве средства измерения высоких температур поступило от А. К. Беккереля в статье, прочитанной в Королевской академии наук в Париже 13 марта 1826 года. Его исследования включали наблюдения за отклонением стрелки, полученные с помощью ряда комбинаций металлических проводов при нагревании одного спая в спиртовой лампе, и он пришел к выводу, что для некоторых из этих комбинаций сила возникающего тока пропорциональна повышению температуры. Он решил, что наиболее подходящей комбинацией будет схема, состоящая из платиновых и палладиевых проводов.

Беккерель далее показал, что характеристики не зависят от диаметра проволоки, а также, что нечистая платиновая проволока вызовет ток, если соединить ее с чистой платиновой

проволокой. Фактически он указал на необходимость очистки платины в азотной кислоте, чтобы избежать ложных эффектов из-за загрязнения.

Термопары могут использоваться для измерения температуры различных типов объектов и сред, а также в качестве датчика температуры в автоматизированных системах управления. Термопары из вольфрам-рениевого сплава являются самыми высокотемпературными контактными датчиками температуры. Такие термопары используются в металлургии для измерения температуры расплавленных металлов.

Рассмотрим возможное подключение электрического термопреобразователя в систему автоматизированного управления к измерителю регулятору ИРТ 5502 на примере термометра сопротивления ТСМУ-205-Ех-Н.

ТСМУ-205-Ех-Н является термометром сопротивления, предназначенным для измерения температуры твердых, жидких и газообразных сред.

ИРТ 5502 – это измеритель регулятор технологический, предназначенный для измерения, контроля и регулирования температуры и других неэлектрических величин. Данное устройство подключается к питанию от электрической сети среды, в которую помещен первичный датчик ТСМУ-205Ех-Н. При необходимости ИРТ 5502 может быть соединен с исполнительным устройством, а именно с нагревателем или запорной арматурой. Данная схема имеет широкий диапазон использования в различных технологических процессах теплоэнергетической, химической промышленности и иных производствах [6].

Также термопары используются для контроля пламени и защиты от загазованности в газовых котлах и в других газовых приборах. Ток термопары, нагреваемой пламенем горелки, удерживает в открытом состоянии с помощью электромагнита газовый клапан. В случае пропадания пламени ток термопары снижается, ток электромагнита снижается и клапан с помощью пружины переключает подачу газа.

В 1920—1930-х годах термопары использовались для питания простейших радиоприемников и других слаботочных приборов. Вполне возможно использование термогенераторов для подзарядки аккумуляторов современных слаботочных приборов с использованием открытого огня.

Технические требования к термопарам определяются ГОСТ 6616-94[1]. Стандартные таблицы для термоэлектрических термометров - номинальные статические характеристики преобразования, классы

допуска и диапазоны измерений приведены в стандарте ГОСТ Р 8.585-2001[2].

Типы термопар: платинородий - платиновые (ТПП13 - Тип R); платинородий - платиновые (ТПП10 - Тип S); платинородий - платинородиевые (ТПР - Тип В); железо - константановые (ТЖК- Тип J); медь - константановые (ТМКн - Тип Т); нихросил - нисловые (ТНН - Тип N); хромель - алюмелевые (ТХА - Тип К); хромель - константановые (ТХКн - Тип Е); хромель - копелевые (ТХК - Тип L); медь - копелевые (ТМК - Тип М); силх - силиновые (ТСС - Тип I); вольфрам и рений (ТВР - Тип А-1, А-2, А-3) [1].

К преимуществам данных устройств можно отнести высокую эффективность алгоритмов управления, надежность и стабильность в процессе эксплуатации. Однако, как и любое другое устройство, оно обладает рядом недостатков и ограничений по использованию [6].

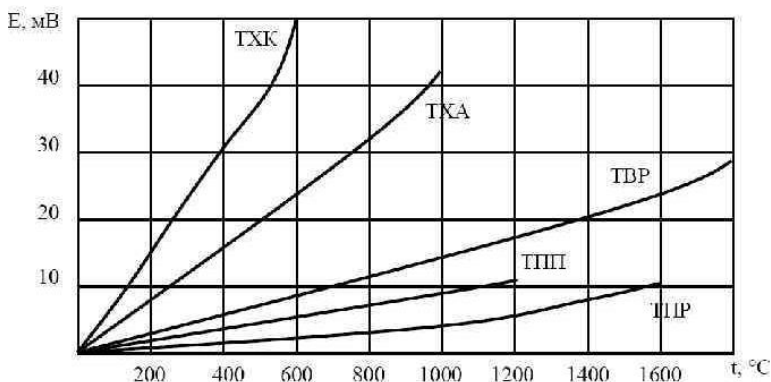


Рис. 1 Градуировочные зависимости основных типов термопар

Погрешность при измерении температуры, возникающая при применении термоэлектродных проводов зависит от конструкции термопарных проводов и кабелей, типа и свойств материалов, использованных в их составе, условий эксплуатации термопар

Погрешность при измерении температур, обусловленная термоэлектродными материалами, возникает в основном из-за неоднородности проволоки по длине. Данная неоднородность появляется, в основном, при производстве проволоки.

Также на точность термопары оказывает влияние окружающая среда и ее состав. Например, длительное пребывание в вакууме при

высоких температурах может значительно уменьшить термо-ЭДС. В атмосфере, которая содержит серу, некоторые типы термопар могут подвергнуться охрупчиванию. Нестабильность увеличивается с увеличением углеродного потенциала атмосферы и при повышении концентрации паров воды. Вследствие данных причин, нецелесообразно применять одну термопару во всем диапазоне измеряемых температур.

При выборе термопары для измерения температуры в некотором диапазоне следует выбирать такую термопару, линейность которой меньше всего изменяется в рамках данного диапазона.

Термопары изготавливаются по большей части из благородных металлов. От воздействия внешней среды могут использоваться защитные наконечники, состоящие из наружного металлокерамического слоя и внутреннего газоплотного слоя из алунда и засыпки из окиси алюминия, заполняющей зазор между слоями [4].

Также для контроля характеристик во время длительного использования термопар может использоваться материал, включающий в качестве реперного вещества воду. Согласно изобретению, материал содержит водопоглощающий полимер - полиакриловую кислоту при следующем соотношении компонентов, мас. %: полиакриловая кислота 0.5 - 20, вода остальное [5].

Термоэлектрические преобразователи широко используются в современных системах автоматического управления в силу своей надежности, точности и простоты использования, а также наличием большой перспективы в применении. Термоэлектрические термометры, в основе которых лежат термопары, в настоящее время являются одними из самых распространенных средств измерения температуры. Об этом свидетельствует большое количество типов термопар, а также конструкций термоэлектрических термометров. Наличие локальных и международных стандартов, регламентирующих требования к термопарам, существенно упрощает их выбор и эксплуатацию.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 12 с. (дата актуализации: 01.02.2021).
2. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. 82 с.
3. Никонов Н.В. Термопары. Типы, характеристики, конструкции,

производство. М.: ООО «МТК «МЕТОТЕХНИКА», 2015. 62 с.

4. Пат. 386272 Союз Советских Социалистических Республик, М. Кл. G 01k 1/12. Защитный наконечник для термопары / Ю. И. Редько; заявитель и патентообладатель Институт автоматике. № 1664118/18-10, заявл. 31.V.1971; опубл. 14.VI.1973, Бюл. № 26. 2 с.

5. Пат. RU 2 362 219 C1 Российская Федерация, G12B 13/00, G01K 15/00. Материал для калибровки термопар / В.Н. Данилин, Д.В. Данили, Е.В. Данилин; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГТУ»). № 2008105387/28, заявл. 12.02.2008; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20. 5 с.

6. Рубанов В.Г., Рыбин И.А., Бажанов А.Г. Теория проектирования бортовых систем управления мобильными роботами, обладающих свойством живучести: монография. Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. - 221с. - ISBN 978-5-4497-1468-8. - Текст: электронный // IPR SMART<sup>^</sup> [сайт]. - URL: <https://ipr-smart.ru/117048.html>

**УДК 519.22/.25:681.5**

***Пекарский П.В.***

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

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Метод статистических испытаний (МСИ) - численный метод решения математических задач при помощи имитации случайных величин. Создателями этого метода считают американских ученых Дж. Неймана и С. Улама. Значительный вклад в его популяризацию и развитие внесли отечественные ученые Ю.А. Шрейдер, Н.П. Бусленко, И.М. Соболев. Первые публикации об МСИ относятся к пятидесятым годам прошлого века.

К основной области применения МСИ относятся вероятностные задачи, в частности, задача статистического оценивания показателей надёжности. Главной целью МСИ при оценивании показателей надёжности является определение средних значений этих показателей, а также вероятностей того, что они будут равны тем или иным величинам. Эта цель достигается в результате многократной имитации

случайных испытаний. Отдельное испытание состоит в определении значений случайных величин по известным законам распределения и на основе определения зависимости показателей надёжности от этих случайных величин расчет его значения. При многократном повторении испытаний образуется выборка значений показателя как случайной величины, аналогичная той, которую можно было бы получить, производя испытания на надёжность или систематизируя данные о ней за период эксплуатации. Таким образом, МСИ заменяет процесс получения статистических данных. Его реализация возможна при условиях, что известны законы распределения аргументов функции, представляющей показатель надёжности, и соответствующая функциональная зависимость. На практике это не всегда так, поэтому МСИ не эквивалентен натурным испытаниям и наблюдениям.

Основная часть метода состоит в том, что вместо аналитического решения задачи либо проводят эксперименты испытания, либо эти задачи заменяют другими, имеющими с исходными данными одинаковую вероятностную структуру, или, другими словами, рассматриваемые явления имитируют другими случайными величинами.

Для иллюстрации данного метода рассмотрим следующую задачу.

Система контроля качества продукции состоит из трех приборов. Вероятность безотказной работы каждого из них в течении времени  $T$  равна  $\frac{5}{6}$ . Приборы выходят из строя независимо друг от друга. При отказе хотя бы одного прибора, вся система перестает работать. Необходимо найти вероятность  $p$  того, что система откажет за время  $T$ .

Аналитическое решение предполагает следующий алгоритм : событие  $A$  и  $\bar{A}$  – противоположны; вероятность  $P(\bar{A}) = (\frac{5}{6})^3$ . Искомая вероятность:

$$p = P(A) = 1 - P(\bar{A}) = 1 - (\frac{5}{6})^3 = 0,42. \quad (1)$$

Метод статистических испытаний основывается на следующих подходах: проводить эксперимент, либо имитировать их другими случайными величинами. Из условия данной задачи ясно, что многократное повторение эксперимента невозможно. Поэтому заменим этот эксперимент другим [3].

Для определения того, выйдет или не выйдет из строя тот или иной прибор, будем подбрасывать игральную кость. Если выпадет одно очко, то будем считать, что прибор вышел из строя. В остальных случаях,

считаем, что прибор работал безотказно. Вероятность того, что выпадет одно очко равна вероятности выхода прибора из строя [3].

Чтобы определить, откажет или нет вся система, будем подбрасывать три игральные кости. Если хотя на одной из них выпадет одно очко, то это будет считать, что система отказала.

Повторяя данный эксперимент много раз подряд, сможем найти отношение числа  $m$ , когда система отказала, к числу  $n$  проведенных испытаний. То есть, вероятность отказа системы:  $p \approx \frac{m}{n}$ .

Теория вероятностей и математическая статистика находят широкое применение в технике и технологических процессах [3].

Вероятностные методы нашли широкое применение в современной теории точности механизмов. Эта теория ставит перед собой задачу исследовать влияние точности деталей на конечную точность механизма в целом, с целью надлежащего выбора допусков [4].

Основной задачей анализа технологических процессов является изучение их точности. При исследовании точности приходится рассматривать влияние различных факторов на возникновение погрешностей обработки и определять суммарную погрешность последней.

Вторая задача, решаемая в комплексе с первой, заключается в изучении стабильности технологических процессов, т. е, в изучении их постоянства во времени.

При решении обеих задач используется статистический метод. Под данным методом понимают получение из проводимых наблюдений данных, характеризующую суммарную погрешность [5].

В процессе исследования точности возникает задача не только установления суммарной погрешности по тому или иному признаку качества, но также и задача исследования взаимосвязи нескольких признаков качества между собой и с различными производственными факторами [3].

Важная роль отводится специальным нормативным документам, которые регулируют термины и определения в данной области решения практических задач. В этом случае таковым является национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 3534-1 – 2019 «Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей». Термины, представленные в настоящем стандарте, являются основополагающими в теории вероятностей и статистике, вследствие чего они имеют несколько усложненное математическое представление. Корректное и полное определение терминов, используемых в теории вероятностей и математической статистике, важно для разработки и эффективного



применения стандартов, содержащих статистические методы. Определения, представленные в настоящем стандарте, являются достаточно точными и имеют необходимый уровень математического представления, что дает возможность пользователям стандартов на статистические методы избежать неопределенности в трактовании информации [1].

Значительную помощь и поддержку при решении задач такого класса оказывает ГОСТ Р 50779.21-2004 «Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение». Который в свою очередь гармонизирован с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 2854:1976 "Статистическое представление данных. Методы оценки и проверки гипотез о средних значениях и дисперсиях" (ISO 2854:76 "Statistical interpretation of data - Techniques of estimation and tests relating to means and variance", NEQ) [2].

Таким образом, в условиях цифровизации всех сфер деятельности, когда появляются завышенные требования высокого качества и точности систем, продукции и услуг необходимы специальные стандарты в области статистических и вероятностных методов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей. М.: Стандартинформ, 2020. 70с. (дата актуализации: 05.09 2019).

2. ГОСТ Р 50779.21-2004. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. М.: ИПК Издательство стандартов. 2004. 47 с. (дата актуализации: 12.01.2004).

3. Длин А.М. Математическая статистика в технике. М.: Советская наука, 1958, 466 с.

4. Рубанов В.Г., Порхало В.А. Получение математической модели обжига клинкера с применением статистических методов. Научные ведомости белгородского государственного университета. 2010. 80-87с. Серия: Экономика. Информатика.

5. Игнатенко О.И., Игнатенко В.А., БАЖАНОВ А.Г. Применение методов статистического анализа для поиска и локализации неисправностей в электронных устройствах. М.: ООО «Конверт» 2021. 77-78 с.

*УДК 681.5:006*

*Переверзев Д.П.*

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

## **ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАТЧИКОВ С МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ САМОКОНТРОЛЕМ**

Современное развитие науки и техники диктует постоянное ужесточение требований, предъявляемых к качеству измерения различных физических величин и, соответственно, к качеству первичных датчиков, осуществляющих преобразование измеряемой физической величины в электрический сигнал. Следовательно, контроль метрологической исправности датчика (метрологическая исправность датчика в процессе эксплуатации – это состояние датчика, при котором его погрешность в процессе эксплуатации в рабочих условиях находится в установленных пределах) в конкретных условиях эксплуатации является актуальной проблемой. [1]

В настоящее время мировые тенденции в решении указанной проблемы сконцентрированы в области проектирования и практического использования интеллектуальных датчиков, которые в соответствии с ГОСТ Р 8.673–2009 ГСИ должны иметь функции адаптации, а также метрологического самоконтроля, где под интеллектуальным датчиком понимают адаптивный датчик с функцией метрологического самоконтроля. [2]

Самоконтроль датчика предполагает автоматическую проверку метрологической исправности средства измерения в процессе его эксплуатации с определением статуса результата измерений. Метрологический самоконтроль должен опираться на дополнительные данные, получаемые за счет пространственной (структурной), временной, информационной (функциональной) избыточности, имеющейся или сформированной в датчике.

В свою очередь, автоматическая проверка метрологической исправности средства измерения в процессе его эксплуатации, осуществляется с использованием принятого значения, формирование которого происходит за счет встроенного в средство измерения измерительного преобразователя или выделенного дополнительного параметра выходного сигнала.

Положение стандарта ГОСТ Р 8.734-2011 объясняет, что метрологический самоконтроль обеспечивает снижение вероятности

получения не достаточно точной измерительной информации в течение межповерочного (межкалибровочного) интервала, для обоснования изменения межповерочного (межкалибровочного) интервала в зависимости от остаточного метрологического ресурса датчика, для сокращения затрат при эксплуатации за счёт уменьшения числа проверок и калибровок, а также при устранении последствий нарушения функционирования датчиков, вызванных метрологическими отказами. Метрологический самоконтроль может быть реализован, не прерывая процесс измерений, на основе структурной, временной или функциональной избыточности. [3]

Для выбора оптимального метода метрологического самоконтроля, необходимо проанализировать составляющие погрешности датчика: выявить вероятные источники погрешности и обусловленные ими составляющие погрешности, а также определить критическую составляющую погрешности.

При выявлении вероятных источников погрешности следует изучить опыт эксплуатации аналогов, причины возникновения погрешностей аналогов и их составляющих, выявить «слабые» звенья. Требуется проанализировать ожидаемые условия эксплуатации, предполагаемую конструкцию и технологию изготовления разрабатываемого средства измерений. [4]

Профессиональный интерес вызывает продукция предприятия «Электронные технологии и метрологические системы» (компания ZETLAB). Основанная 25 лет назад на базе СКБ ФГУП ВНИИФТРИ, занимается разработкой измерительных приборов – цифровых и аналоговых датчиков, контроллеров и ПО, лидер в производстве цифровых датчиков.

Примером таких датчиков могут служить цифровые датчики семейства ZETSENSOR, в которых реализована функция метрологического самоконтроля:

- ZET 7110 — цифровой тензометрический датчик для статических измерений;
- ZET7110-DS — цифровой датчик малых деформаций;
- ZET 7111 — цифровой тензометрический датчик для динамических измерений;
- ZET 7120 — цифровой датчик температуры, первичный преобразователь — термопара;
- ZET 7121 — цифровой датчик температуры, первичный преобразователь — термосопротивление;
- ZET 7123 — цифровой метеодатчик;
- ZET 7112-I — цифровой датчик избыточного давления;

- ZET 7112-A — цифровой датчик абсолютного давления;
- ZET 7151 — цифровой акселерометр;
- ZET 7152-N -цифровой акселерометр со встроенным первичным преобразователем;
- ZET 7152-E — цифровой акселерометр со встроенным первичным преобразователем и расширенным диапазоном измерений;
- ZET 7155 — цифровой геофон;
- ZET 7140-E — цифровой датчик акустической эмиссии;
- ZET 7140-R — цифровой датчик кавитации;
- ZET 7140-S — цифровой вихретоковый датчик перемещения;
- ZET 7111-L — цифровой LVDT датчик;
- ZET 7154 — цифровой инклинометр;
- ZET 7160-E — цифровой энкодер;
- ZET 7180-I и ZET 7180-V— измерительные модули;
- BC 314-M — врезной гидрофон с цифровым выходом.

Средства измерений с метрологическим самоконтролем имеют широкий спектр применения во всех сферах деятельности человека. Несоответствие результатов измерений действительным значениям измеряемой физической величины может иметь негативные последствия независимо от области применения датчиков. Любое СИ имеет тенденцию к деградации со временем его метрологических характеристик. [5]

Характер и скорость изменения нормируемых метрологических характеристик определяют метрологическую надежность датчика - способность датчика сохранять во времени свои метрологических характеристик в пределах установленных норм. Для подтверждения соответствия датчика метрологическим требованиям проводится процедура поверки, результаты которой могут подтвердить метрологическую исправность датчика в момент проведения поверки и не могут гарантировать его метрологическую исправность на предстоящем межповерочном интервале. Под метрологической исправностью понимается состояние средства измерения, при котором все его нормируемые метрологических характеристик соответствуют установленным требованиям. В идеальном случае следует стремиться к тому, чтобы метрологическая исправность была гарантирована в течение всего срока службы датчика.

Сегодня в некоторых организациях активно разрабатываются датчики с метрологическим самоконтролем, предназначенных для измерений:

- больших перемещений, деталей станков-автоматов;

- малых длин и перемещений (зазоров);
- расхода;
- давления;
- температуры;
- удельной электрической проводимости жидкости и т.д.

Также компании ведут разработки над датчиками с метрологическим самоконтролем:

- мощности дозы гамма-излучения;
- осевых сил сжатия, действующих на элементы болтовых соединений.

Анализ процесса производства свидетельствует, что себестоимость датчиков с метрологическим самоконтролем при серийном их выпуске не должна превышать себестоимость аналогичного датчика без этой функции, более чем на 30-40 процентов. Безусловно, спрос на датчики с метрологическим самоконтролем будет возрастать с каждым годом во всех сферах производства, при эксплуатации кораблей, самолетов, ракет, различных роботизированных систем, наукоемких технологий и т.д. В особенности при создании аппаратов, в том числе космических, которые должны функционировать без участия человека в течение многих лет без метрологического обслуживания. [6]

Таким образом, метрологический самоконтроль позволяет существенно повысить метрологическую надежность датчиков, многократно увеличить меж поверочный интервал и сократить затраты на эксплуатацию оборудования. Диагностический и прямой самоконтроль - это совершенно новые и перспективно развивающиеся методы самоконтроля средств измерений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тайманов, Р. Е. Метрологический самоконтроль датчиков / Р. Е. Тайманов, К. В. Сапожникова // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения: тр. конф. – М., 2010.

2. ГОСТ Р 8.673-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. Статус: действующий. – М.: Стандартинформ, 2010.

3. ГОСТ Р 8.734-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля. Статус: действующий. – М.: Стандартинформ, 2012.

4. ГОСТ Р 8.825-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы ускоренных испытаний. Статус: действующий. – М.: Стандартинформ, 2014.

5. Александров.В.С. Проблемы метрологического обеспечения компьютеризированных средств измерений. — 2009. — С. 5-6.

6. Порхало В.А., Рубанов В.Г., Бажанов А.Г., Луценко О.В. Автоматизированное проектирование системы управления роботизированной платформы с применением Adams и Matlab// «Известия Юго-Западного государственного университета» 2020, Т.24, №4. С.217-229.

*УДК 65.011.56*

*Пермяков А.А.*

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

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ В ОТРАСЛИ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА**

Зерновые культуры являются одним из важнейших факторов в экономике нашей страны, так как готовая продукция из зерновых культур потребляется ежедневно в больших количествах. Ежегодно происходит сбор большого объема сырья, которое необходимо хранить на элеваторах, а также доставлять с помощью транспортных средств (ТС) [1]. Автоматизация логистики элеватора дает возможность уменьшить простой автотранспорта в очереди, что сокращает расходы на перемещение сырья, а также позволяет быстро и качественно производить распределение и вести учет сырья [2]. Рассмотрим случай, когда на эlevator доставляется зерно с помощью автотранспорта.

С помощью автоматизации логистики решаются несколько важных задач. Во-первых, минимизируется влияние человеческого фактора в части определения показателей качества зерна, а также в части приемки и отгрузки зерна. Во-вторых, обеспечивается оперативный и бухгалтерский учет зерна на элеваторе. В-третьих, организуется эффективная работа элеватора в плане приемки и отгрузки зерна. С помощью автоматизированной системы должны учитываться выгода и потери в текущий момент времени, а также влияние

внедренной системы на работу элеватора в будущем [3]. При достижении необходимых целей функционировать автоматизированная система будет сравнительно долго.

Рассмотрим работу элеватора. На территории предприятия организованы точки, задействованные в автоматизируемых процессах.

1. Диспетчерский пункт. Предполагается, что он будет находиться в здании контрольно-пропускного пункта (КПП) в помещении оператора-диспетчера (помещении весовщика). Здесь планируется расположение рабочего места оператора-диспетчера, где будут проходить: оформление электронных и выписка бумажных документов, регистрация RFID-меток и привязка их к ТС и пр. Оператор-диспетчер совмещает свои обязанности с обязанностями весовщика и обеспечивает контроль работы светофоров, контроль правильности заезда ТС на весовую платформу, взвешивание и при необходимости взаимодействует с водителем через громкоговорящую связь.

2. Весовой пункт с пробоотборником. Расположен за территорией предприятия перед въездными воротами. Укомплектован двумя весовыми платформами и пробоотборником с двумя манипуляторами. Взвешивание и отбор проб может осуществляться на обеих платформах и в обоих направлениях движения транспорта. На каждом манипуляторе для обеспечения процесса отбора установлены видеокамеры. С обеих сторон каждой весовой платформы также установлены видеокамеры, которые позволяют фиксировать номера автомобиля спереди и сзади. Обзорная камера обеспечивает просмотр автомобиля сверху.

3. Рабочее место отборщика проб. Расположено в диспетчерском пункте. Отборщик проб управляет манипуляторами и производит пробоотбор.

4. Помещение охраны. Осуществляет осмотр и контроль над въезжающими и выезжающими транспортными средствами, при необходимости производится дистанционное или ручное управление шлагбаумами.

5. Сырьевая лаборатория. В лаборатории проводятся анализы сырья и назначается точка разгрузки ТС. В лаборатории располагается шкаф приёма отобранных проб.

6. Зона ожидания разгрузки. Расположена на территории предприятия и предназначена для стоянки ТС в период ожидания очереди на разгрузку.

7. Точки автомобильного приёма зерна. Каждая точка приёма представляет собой крытое сооружение проездного типа. Контролируется правильность выбора точки разгрузки ТС, обеспечивается и подтверждается его разгрузка [3].

Последовательное движение зерна от одной контрольной точки к другой называется маршрутом. В зависимости от качества зерна на элеваторе осуществляются операции по подработке зерна: сушка зерна, когда влажность зерна превышает допустимое значение, очистка зерна, когда помимо зерна присутствуют примеси. Операции с зерном проводятся на управляемых объектах [4]. Управляемые объекты элеватора приведены на (рисунке 1).

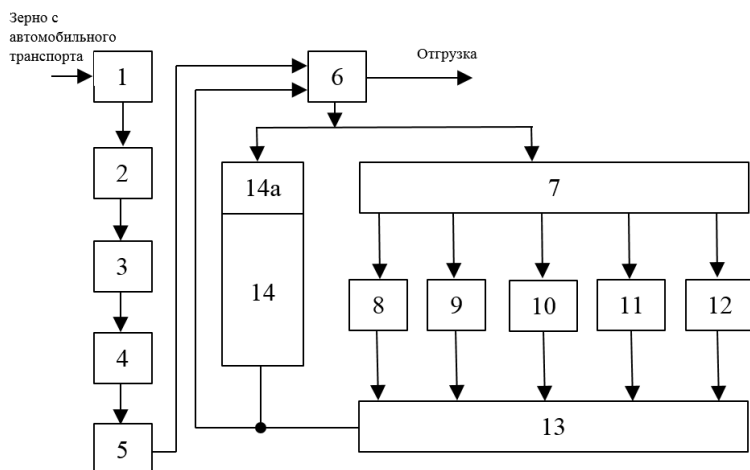


Рис. 1 Обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора 1 – Отбор проб; 2 – взвешивание; 3 – разгрузка; 4 – предварительная очистка 5 – распределение зерна по показателям качества и по культурам; 6 – весы в элеваторе; 7 – силос для необработанного зерна; 8 – очистка на сепараторах; 9 – очистка на триерах; 10 – очистка на камнеотделительных машинах; 11 – сушка на шахтных зерносушилках; 12 – сушка на рециркуляционных сушилках 13 – силос для обработанного зерна; 14 – склады для хранения; 14a – устройства активного вентилирования зерна.

Рассмотрим по порядку процессы, происходящие во время приемки зерна. В самом начале происходит регистрация транспортного средства. Для регистрации транспорта необходимо получить у водителя соответствующие документы. В данной системе контроля управления логистикой будут использоваться RFID – карты, которые закрепляются за ТС после предоставления документов от водителя. RFID – карту выдает диспетчер на КПП.

На точке взвешивания необходимо установить оборудование:

- три видео камеры для фиксации передних колес, кабины, номера



ТС и кузова (установлены спереди, сзади и сверху ТС);

- светофор;

- фотодатчики, с помощью которых определяется правильность расположения ТС на весах;

- табло, на котором выводится информация о нарушении периметра при неправильном расположении ТС;

- шлагбаум.

Водитель ТС прикладывает RFID – карту к RFID – считывателю, после чего идентифицируется ТС, камера фиксирует номер ТС, и выдается разрешение на взвешивание.

Процессы идентификации и выдачи разрешения также производятся на точках взятия пробы, выгрузки и взвешивания тары. После взвешивания тары происходит операция возврата RFID – карты диспетчеру на КПП, после чего процесс приемки зерна считается завершенным.

Для ведения количественно-качественного учета зерна необходимо провести интеграцию оборудования на контрольных точках с 1С. Использование такого функционала позволит контролировать процессы, происходящие на контрольных точках как в реальном времени, так и в определенный период, а также обеспечит высокую скорость передачи информации с контрольных точек, что сократит время пребывания автотранспорта и повысит уровень работы предприятия.

Таким образом, были определены основные контрольные точки, на которых происходят основные процессы при приемке зерна, а также был предложен алгоритм действий на контрольных точках, который работает, если установить на контрольных точках необходимое оборудование. Данная система контроля обеспечивает прозрачность производственных процессов, повышение уровня качества и снижение времени формирования оперативной информации, а также минимизирует влияние человеческого фактора на процессы приёмки зерна.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кузнецова Л.М. Справочник по количественно-качественному учету зерна, зернопродуктов и комбикормов/ Л.М. Кузнецова, - СПб.: Профессия, 2018. 13 с.

2. Маевская С.Л. Количественно-качественный учет зерна и зернопродуктов/ С.Л. Маевская, О.А. Лабутина, - М.: ДеЛи принт, 2003. 20 с.

3. Пунков С.П. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение/ С.П. Пунков, А.И. Стародубцева, - М.: Агропромиздат, 1990. 68 с.

4. Анисимова Л.В. Проектирование элеваторов: Учебное пособие /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. 56 с.

5. Птушкин А.Т. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна/ А.Т. Птушкин, О.А. Новицкий, М.: Колос, 1979. 47 с.

*УДК 621.7-752-047.72*

*Петерникова К.Л.*

*Научный руководитель: Леонов С.Л., д-р техн. наук, проф.*

*Алтайский государственный технический университет*

*им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Одним из факторов, снижающим качество обработанных поверхностей, является вибрация при механической обработке. Они способствуют появлению волнистости и шероховатости, что может негативно повлиять как на последующую операцию обработки данной или других поверхностей детали, качество детали в частности и работу детали в узле в целом. В связи с этим прогнозирование колебаний в технологических системах при механической обработке является важной задачей для обеспечения надежности и долговечности работы машин.

Вопросы прогнозирования автоколебаний рассмотрены в целом ряде отечественных и зарубежных изданий.

В исследовании С. Yue, Н. Gao и др. приведен подробный литературный обзор по теме устойчивости технологических операций фрезерования [1, 2]. Авторами подробно исследованы вопросы самовозбуждения вибрации деталей в технологических системах. По их мнению, эти вибрации неблагоприятно влияют как на эффективность процесса резания, так и на качество обработки продукции. Примером могут служить ухудшение геометрической точности заготовки, влияние на качество обработанных поверхностей, увеличение износа режущего инструмента, появление громких шумов при обработке и т.п. Большое

количество исследований было посвящено разработке технологий, которые способны предсказать и обнаружить вибрации, облегчить предотвращение вибрации во время процессов резки, что приводит к повышению точности поверхности, повышению производительности, и увеличению срока службы инструмента.

Авторы рассматривают координатную связь и регенеративный эффект в качестве основных источников автоколебаний. При этом ими отмечается, что на низких частотах эти колебания демпфируются системой и, следовательно, необходимо рассматривать только высокочастотные колебания. Входными параметрами для прогнозирования являются удельная сила резания, динамические свойства системы, параметры режима резания и геометрия инструмента – (рисунок 1). В основу исследований положено решение линейного дифференциального уравнения, описывающего эти колебания.

Динамические параметры системы авторы предлагают получать экспериментально с использованием акселерометров, датчиков акустической эмиссии и т.п. с применением математической обработки в виде конечно-элементного анализа, преобразования Фурье и др. Отмечается также значительное влияние параметров режима резания, особенно при обработке сложноконтурных поверхностей.

Также ими рассмотрены варианты фрезерования с различным количеством степеней свободы – рисунок 2. Сами технологические системы являются линейными.

При моделировании используются классические численные методы решения дифференциальных уравнений во временной или частотной области. Использование такого подхода позволяет строить области устойчивости, выбирая параметры фрезерования (геометрия инструмента, режим резания и т.п.) обеспечивающие отсутствие или, по крайней мере, низкий уровень автоколебаний.

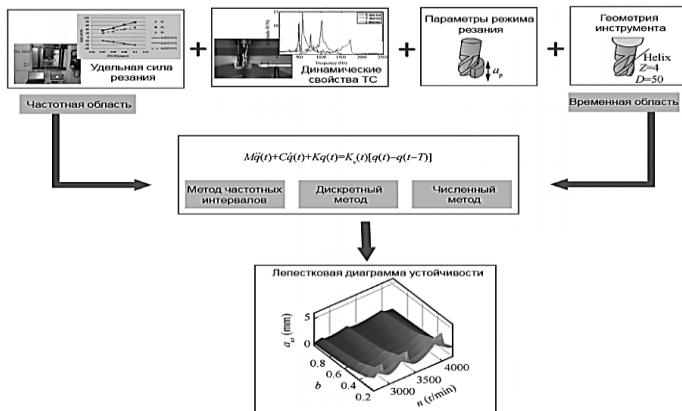


Рис. 1 Процесс прогнозирования автоколебаний при фрезеровании

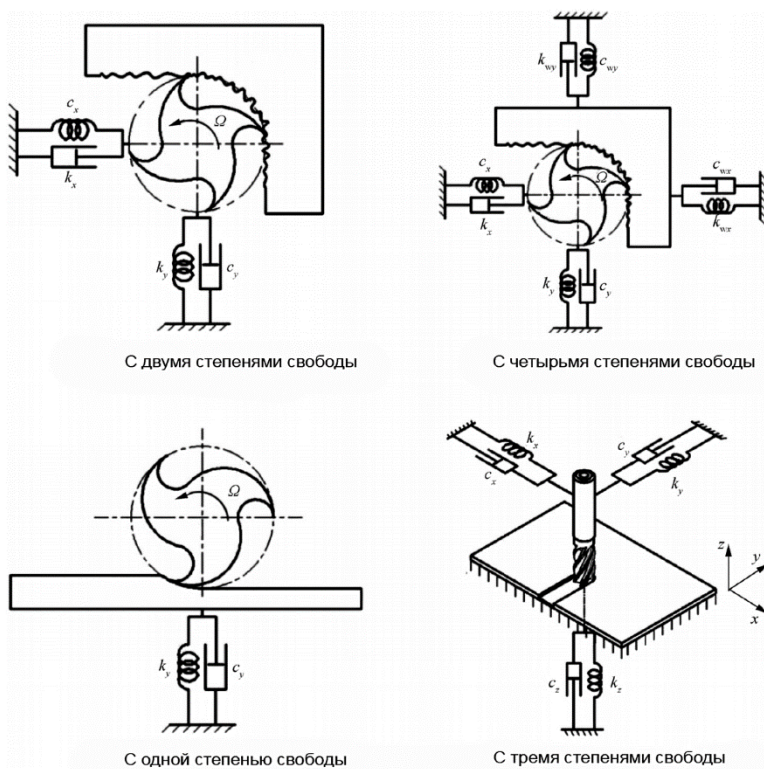


Рис. 2 Степени свободы при рассмотрении технологических систем

При моделировании используются классические численные методы решения дифференциальных уравнений во временной или частотной области. Использование такого подхода позволяет строить области устойчивости, выбирая параметры фрезерования (геометрия инструмента, режим резания и т.п.) обеспечивающие отсутствие или, по крайней мере, низкий уровень автоколебаний.

Следует отметить, что использование только линейных систем ограничивает эффективность исследования. Связано это с тем, что в рамках линейных систем, описываемых линейными дифференциальными уравнениями, система имеет только два состояния: устойчивая (нет автоколебаний) или неустойчивая (амплитуда автоколебаний стремится к бесконечности). Получение автоколебаний с ограниченной амплитудой возможно только при использовании нелинейного описания или совместного влияния вынужденных и автоколебаний.

В работе Логоминова В.О. [3] также рассматривается линейное дифференциальное уравнение. Для учета регенеративного эффекта в это уравнение вводится запаздывание. Для ортогонального точения (система с одной степенью свободы) автор аналитически в безразмерной форме строит диаграмму устойчивости, позволяющую выбирать режим резания по критерию отсутствия вибраций. Высокая сложность аналитического анализа устойчивости даже при использовании современной вычислительной техники ограничивает применение данного метода для многомассовых систем. Кроме того, предложенный подход не позволяет анализировать амплитуду регенеративных колебаний.

Несмотря на значительное внимание исследователей к расчету автоколебаний, вопросы прогнозирования точности размеров и волнистости обработанной поверхности при ее механической обработке отражены в литературе весьма поверхностно. Кроме того, необходимость численного решения дифференциальных уравнений существенно увеличивает время расчетов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yue, C. A review of chatter vibration research in milling / C. Yue, H. Gao, X. Liu, S. Y. Liang, L. Wang // Chinese Journal of Aeronautics. – 2019. – Vol. 32, № 2. – P. 215-242.
2. Altıntaş, Y. Analytical Prediction of Stability Lobes in Milling / Y. Altıntaş, E. Budak // CIRP Annals. – 1995. – Vol. 44, № 1. – P. 357-362.

3. Логоминов, В. О. Методы построения диаграмм устойчивости при ортогональном тчении (обзор) // Информационные технологии в образовании, науке и производстве. – 2016. – Т. 30, № 2.

**УДК 666.964:621.929.2**

*Пирожкова Е.С., Матвеевко Д.С., Лядова Ю.В.  
Научный руководитель: Чемеричко Г.И., проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ПРОИЗВОДСТВО БИТУМНО-ЭПОКСИДНОЙ МАСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХРОТНОГО ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

Мастики представляют собой материалы, состоящие из связующего и мелкодисперсного наполнителя без добавления крупных и мелких заполнителей.

Полимерные мастики могут изготавливаться как с добавлением реактопластов, которые переходят в твердое состояние необратимо, так и с добавлением термопластов, переходы которых из твердого состояния в жидкое обратимы.

Так полимерные мастики могут применяться в качестве бесшовных полов. Такие полы кладут в основном на предприятиях, где требуется высокие показатели коррозостойкости, химстойкости и водостойкости вместе с износостойкостью и беспыльностью. Обычно данный вид покрытия изготавливается из эпоксидной смолы в качестве вяжущего, так как этот вид мономера отвечает всем вышеперечисленным требованиям. Часто эпоксидную смолу модифицируют с целью придания большей эластичности и снижения стоимости. Так получают эпоксидно-каучуковые мастики, в качестве наполнителя в которых может быть использован молотый кварц. Применение же полиэфирных смол ограничивается их высокой усадкой. В связи с этим в полиэфирных мастиках рекомендуется использование бинарного наполнителя (минерально-полимерного) с целью снижения модуля упругости и повышения трещиностойкости [1].

Также мастики широко используются в качестве гидроизоляционных покрытий. Рассмотрим эту группу поподробнее. Наиболее распространенными на рынке являются полиуретановая, полиакриловая и битумная.

Битум давно используется в строительстве дорог. Его преимуществом является низкая стоимость, но вот срок эксплуатации

ограничен и составляет примерно 3-5 лет. Также к недостаткам битумных мастик можно отнести тот факт, что во время работ приходится поддерживать температурный режим, это связано с тем, что для получения качественного покрытия необходимо определенная пластичность материала. Эту проблему можно решить благодаря добавлению в такой состав гидроизоляционного материала полимера. Получаемые битумно-полимерные покрытия также обладают большей прочностью и долговечностью.

Полиуретановая мастика применяется для герметизации швов бетонных и железобетонных конструкций, а также для герметизации стыков, щелей трещин и ремонтных работ конструкций бетонной кровли. Такую мастику из-за высокого срока эксплуатации и прочности используют в основном для объектов особой важности: это мосты, гидротехнические сооружения, ЖБИ-конструкции, сложные путепроводы, опорные и поддерживающие конструкции, фундаменты. Также полиуретановые материалы могут применяться и для бытовых нужд: для гидроизоляции кровли, ванных комнат, кухонь, балконов, террас и бассейнов, но стоимость такого материала не всегда может быть оправдана.

Для внутренних работ, обработки санузлов, бассейнов и стен широко применяют полиакриловые мастики. Прежде всего поверхность очищают, грунтуют, а уже после этого мастику наносят окрашиванием. Распределяют ее при помощи игольчатого валика – он предотвращает образование пузырей воздуха на поверхности. Это обеспечивает большую прочность и водонепроницаемость. Полиакриловая мастика имеет хорошие адгезионные свойства и подходит для многих поверхностей. Также большим достоинством таких мастик является их экологичность и безопасность нанесения, так как в качестве растворителя применяется вода. Срок эксплуатации данного вида гидроизоляции больше, чем у битумной мастики, но при этом термостойкость по сравнению с полиуретановой меньше [2...4].

Приведенный выше анализ показывает, что хорошим эксплуатационным свойствам в сочетании с относительно невысокой стоимостью будет удовлетворять битумно-полимерная мастика.

Нами предложен состав для приготовления холодных битумно-эпоксидных мастик. В качестве комплексного связующего используются битум и эпоксидная смола, а наполнитель может быть разного состава: цемент—асбест (2:1); цемент—песок (2:1); цемент—песок—асбест (1:1:0,2); шлак молотый—песок молотый (2:1). При таких соотношениях получается хорошая подвижность смеси, а также наилучшие физико-механические свойства покрытия. Использование

битума оправдано с экономической точки зрения, так как он является отходом при переработке нефти, каменного угля и сланца.

В любом случае, технологическая схема получения любого вида мастики будет включать в себя такой процесс как смешивание компонентов. А значит, в состав схемы цепей оборудования предприятия входит и смеситель. На (рис. 1) представлена схема цепи оборудования для производства битумно-эпоксидной мастики.

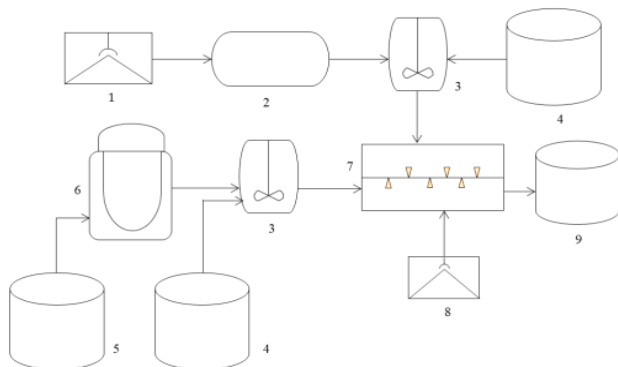


Рис. 1 Схема цепей оборудования: 1 – склад с битумом; 2 – битумоварочный котел; 3 – смеситель с механической мешалкой; 4 – емкость с растворителем; 5 – емкость с эпоксидной смолой; 6 – водяная баня; 7 – лопастный смеситель; 8 – склад с наполнителем; 9 – емкость с готовым продуктом

Предварительно размельченный битум загружают в битумоварочный котел 2, где он разогревается до температуры 160-170°C. Затем расплавленный битум по трубопроводу, оборудованному паровой рубашкой, поступает через дозатор в смеситель с механической мешалкой 3, где охлаждается до температуры 70-80°C. После этого в охлажденный битум равномерной струей добавляют растворитель 4 (например, ксилол), который попадает из емкости самотеком через дозатор. Битум и растворитель перемешивают до получения однородной смеси.

Одновременно готовят раствор эпоксидной смолы в ксилоле. Для этого смолу 5 разогревают на водяной или песчаной бане 6 до температуры 55-60°C и смешивают с необходимым количеством растворителя 4. Если вместо смолы ЭД-6 применяют смолу ЭД-5, то ее можно не разогревать и растворять при комнатной температуре. Количество растворителя в этом случае уменьшается до требуемой густоты.



Приготовленные таким образом битумный раствор и раствор эпоксидной смолы перемешивают в смесителе 7, вводят туда же небольшими порциями наполнитель 8. Наполнитель должен быть сухим (сушить его можно в металлических карманах, навешенных на битумоварочный котел), без комков и посторонних включений.

Перемешивание продолжается 5-7 мин, пока не получится однородная масса черного цвета – битумно-эпоксидная мастика.

И в конце готовую мастику сливают в емкости с герметически закрывающимися крышками типа молочных бидонов, где она может храниться не больше одного месяца [5].

Для данного производства мы предлагаем двухроторный лопастной смеситель периодического действия, который является универсальным оборудованием, предназначенным для работы с массами различной вязкости. Это обеспечивается герметичной конструкцией рабочей камеры, высокой мощностью привода, наличием рубашки охлаждения, а также особой конструкцией разгрузочного узла. Большую роль в процессе смешивания играет форма лопастей. При их выборе следует учитывать не только агрегатное состояние компонентов, но и необходимость в дополнительном измельчении их в процессе смешивания.

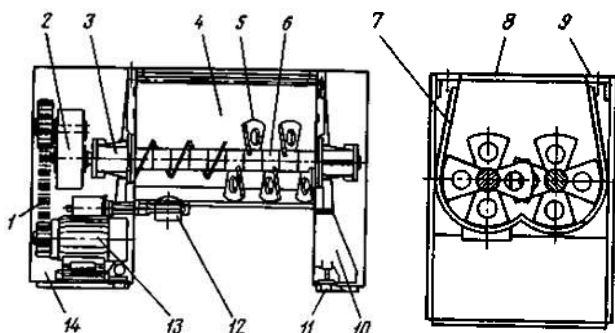


Рис. 2 Двухроторный лопастной смеситель: 1 – ременная передача; 2 – редуктор; 3 – опоры; 4 – корпус; 5 – фигурные лопасти; 6 – горизонтальные валы; 7 – рубашка; 8 – решетки; 9 – крышка; 10 – станина; 11 – месдозы; 12 – разгрузочный патрубок; 13 – электродвигатель; 14 – ограждения

На рис. 2 представлен двухроторный лопастной смеситель периодического действия, состоящий из корпуса 4, установленного на станине 10, закрытой со всех сторон ограждениями 14. Внутри корпуса расположены два горизонтальных вала 6 с фигурными лопастями 5 развернутыми относительно осей валов на  $60^\circ$ . Такое расположение, а

также наличие в лопастях цилиндрических отверстий создают условия для эффективного получения однородной массы из смешиваемых компонентов.

В конструкции двухроторного смесителя может быть предусмотрен кон-троль количества загружаемой рецептурной смеси или отдельных компонентов, если они подаются последовательно. Для этого машина опирается на четыре встроенные мессдозы (тензометрические датчики) 11.

Компоненты поступают в корпус двухроторного смесителя 4 через ре-шетки 8 при открытой крышке 9. Валы вращаются в опорах 3 и приводятся в движение от электродвигателя 13 через ременную передачу 1 и специальный редуктор 2.

Конструкцией смесителя предусмотрено встречное движение массы вдоль стенок корпуса. При этом лопасти разделяют смешиваемую массу на слои и передают их в соседние зоны.

Полученная однородная масса выгружается через патрубков 12, который во время смешивания закрыт заслонкой.

Двухроторный смеситель может быть снабжен рубашкой 7, заполненной парафиновым маслом, которое нагревается электрическими подогревателями, также могут быть водяная, паровая и др. рубашки для поддержания необходимой температуры смеси [6].

Предлагаемая схема установки оборудования для производства битумно-эпоксидной мастики с использованием двухроторного лопастного смесителя периодического действия в лабораторных условиях показала свою эффективность.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Полуэктова В.А. Полимерцементные и полимерные бетоны, бетонополимеры: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 106 с.

2. Румянцев Б.М., Ляпидевская О.Б., Жуков А.Д. Системы изоляции строительных конструкций: учебное пособие М.: Москва, 2016. 596 с.

3. Фадеев А.Б. Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений: учебное пособие для студентов строительных специальностей СПб.: 2007. 53 с.

4. Попченко С.Н. Гидроизоляция сооружений и зданий - Ленинград Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981.

5. Торнев Р.В. Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов). М.: «Химия», 1977. 464 с.

б. Тихонов Н. Н. Шерышев М.А. Основы проектирования производств переработки полимеров: учебное пособие М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 280 с.

**УДК 504.064.3**

*Подпратов Д.В., Жигулина Ю.А.*

**Научный руководитель: Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.**

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

## **МОНИТОРИНГ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Экология становится важным элементом не только национальной политики, но и наравне с национальной, международной безопасностью, экономическим развитием органично вписывается в международную повестку. Пристальное внимание мирового сообщества к вопросам экологии началось относительно недавно – данная тема впервые нашла отражение в обновленном основном законе страны, закрепляющем за Правительством РФ обязанности по осуществлению мер, направленных на снижение «негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду». Во многом такой подход обусловлен масштабными экологическими катастрофами 2020 г. (в Усолье-Сибирском, Норильске, Башкирии) [8,9]. Возможно, поэтому одним из ключевых пунктов приказа Минприроды России в рамках реализации нацпроекта «Экология» является вопрос оснащения промышленных объектов системами автоматического контроля сбросов загрязняющих. Такие системы разрабатывает и БГТУ им. В.Г. Шухова.

Согласно исследованиям ООН, половина мирового населения (3,9 млрд. человек) страдает от нехватки воды, более 780 млн человек не имеет доступа к чистой питьевой воде, а 1,7 млрд. жителей планеты нуждаются в пресной воде [6,7]. Ежегодно тысячи людей умирают из-за отсутствия чистой воды и антисанитарных условий в мире. При этом более 40% случаев загрязнений воды возникают в результате работы промышленных предприятий, коммунальных хозяйств и смыва удобрений с сельскохозяйственных угодий. Эти источники загрязнения относятся к первой категории негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому одним из ключевых пунктов приказа Минприроды

России в рамках реализации нацпроекта «Экология» является вопрос оснащения промышленных объектов системами автоматического контроля сбросов загрязняющих веществ.

Разрабатываемый автоматизированный комплекс мониторинга сбросов загрязняющих веществ не имеет аналогов в России. Он состоит из оптико-электронного датчика, терминала (устройства управления) для визуализации данных измерения и управления датчиками, а также включает программное обеспечение. На этапе проектирования мы исходим из того, что прибор-зонд должен быть способен определять частицы железа и известковых включений в воде с нормальностью точностью и небольшой (до 1 м) глубиной погружения измерительного органа. Итоговая же версия продукта, позволит определять еще наличие в воде органических объектов с высокой точностью измерений и значительной (до 10 м) глубиной погружения измерительного органа с передачей, функционирующей в составе автоматизированных систем мониторинга экологической обстановки в определённом сегменте пространства.

Принцип действия самого оптико-электронного датчика основан на спектральном методе измерения, регистрации интенсивности пропускания в диапазоне длин волн от 200 до 780 нанометров (рисунок 1) [1-4]. Заключение о мутности воды строится на основе полученного интерференционного изображения пробы воды непосредственно в объекте. При этом зонд не имеет активных электронных компонентов, а информация от генератора когерентного излучения передается в зону зондирования по оптическому волоконному кабелю. Аналогично информация из зоны зондирования передается к фотоприемнику. Оценка мутности воды выполняется по алгоритму, учитывающему изменение интерференционной картины вследствие появления в жидкой среде взвешенных тел, а также зависит от их количества и размеров.

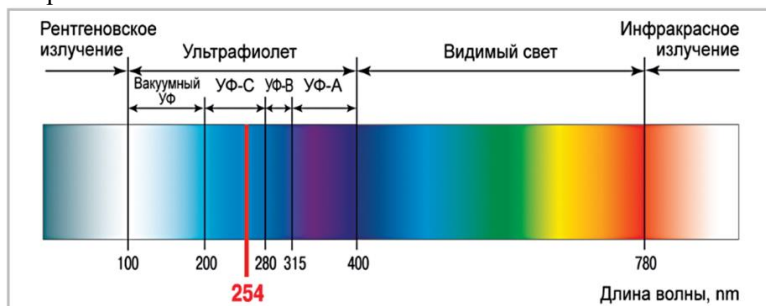


Рис. 1 Принцип действия оптико-электронного датчика

Предварительный анализ показал, что рынок в рамках мониторинга и очистки воздуха обладает большим количеством предложений и перенасыщен ими, особенно в свете коронавируса, а для воды нет, на текущий момент, импортозаменимых компонентов.

Разрабатываемый автоматизированный комплекс мониторинга сбросов загрязняющих веществ обладает ценностным предложением, которое позволит удержать и получить конкурентные преимущества и конкурентный задел на рынке России. Кроме того, на основании законодательной базы, датчики мутности/взвешенных веществ являются обязательными измерительными звеньями в составе систем автоматического контроля, и вследствие этого рынок является перспективным и капиталоемким.

С точки зрения конкретных цифр, рынок датчиков мутности/взвешенных веществ как обязательных измерительных звеньев в составе систем автоматического контроля достигает 35 млрд. руб. Также данные датчики широко применяются, в качестве автоматических контроллеров технологических процессов: в системах водоподготовки и водоочистки, в системах оборотного водоснабжения, что позволит выйти на новые сегменты рынка «Экологии» с достижимым объемом выручки в 58 млрд. руб. при комплексной модернизации продуктовой линейки.

Значительная часть экспертов предполагают, что объемы потребления оборудования для промышленных систем автоматизированного контроля сбросов загрязняющих веществ в России как в стоимостном, так и в натуральном выражении будут расти. Согласно консенсус-прогнозу, рынок ежегодно будет расти в стоимостном выражении на 8-10% [5]. В более отдаленной перспективе рост рынка может сохранить указанные темпы за счет постепенного восстановления российской экономики, увеличения мощности и объемов выпуска промышленных предприятий, а также существенного объема устаревшего оборудования для контроля сбросов загрязняющих веществ, требующего модернизации и замены. Постоянное ужесточение нормативов на содержание вредных примесей в сточных водах оказывает дополнительное стимулирующее влияние на развитие этого рынка.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие / Под ред. Т. Я. Ашихминой. – М.: АГАР, 2000. – 263 с.

2. Методические рекомендации по организации мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду в составе производственного экологического контроля – Пермь, 2006. – 54с.

3. Справочный документ по общим принципам мониторинга. – Стандарт ЕС, 2003.

4. Смагунова А.Н. Алгоритмы определения метрологических характеристик методик количественного химического анализа / А.Н. Смагунова, О.М. Карпукова, Л.И. Белых – Иркутск: Изд-во Иркут. Гос. Ун-та, 2006. – 98 с.

5. Громов С.А., Парамонов С.Г. 2015. Современное состояние и перспективы развития комплексного фонового мониторинга загрязнения природной среды. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. XXVI, № 1, с. 205-221.

6. Обзоры состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации, 1991-2013. /Под ред. Ю.А. Израэля/. – М.: Росгидромет.

7. Обзоры состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации, 2014-2015. /Под ред. Г.М. Черногаевой/. – М.: Росгидромет.

8. Тенденции и динамика загрязнения природной среды Российской Федерации на рубеже XX-XXI веков, 2007. /Под ред. Ю.А. Израэля/. – М.: Росгидромет. 64 с.

9. Тенденции и динамика загрязнения природной среды Российской Федерации в начале XXI века, 2013. /Под ред. Ю.А. Израэля/. – М.: Росгидромет. 42 с.

*УДК 621.383:535.215*

*Половнева Д.О.*

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

## **МЕТОД КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ КРАСИТЕЛЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

При производстве красителей образуются значительные объемы сточных вод, содержащих помимо самих красителей целый комплекс загрязняющих компонентов – щелочи, кислоты, поверхностно-активные вещества, взвешенные и коллоидные частицы [1]. Так, в

красильно-отделочном производстве на 1 т окрашенной продукции приходится 50-430 м<sup>3</sup> сточных вод [2]. Кроме того, красители являются устойчивыми соединениями к воздействию химических окислителей [3, 4].

Существующие лабораторные методы определения красителя Метиленовой голубой (МГ) не позволяют осуществлять непрерывный контроль концентрации красителя в сточных водах при его производстве. В поиске информативного параметра, лежащего в основе промышленного анализатора концентрации МГ, был предложен абсорбционно-оптический метод анализа [5].

Для повышения селективности оптического анализатора МГ в БГТУ им. В.Г. Шухова были проведены исследования по определению оптимальной длины волны  $\lambda$ , нм. излучателя, при которой можно измерять предельную концентрацию раствора МГ 50 мг/дм<sup>3</sup>.

В качестве объекта исследования использовали краситель метиленовой голубой (МГ) с предельными концентрациями (0,2 мг/дм<sup>3</sup> и 50 мг/дм<sup>3</sup>), фотоэлектроколориметр (ФЭК) марки КФК-3-01 [6].

По результатам опыта был построен график зависимости оптической плотности  $D$  от длины волны  $\lambda$ , нм (рис. 1). Диапазон длины волны исследуемого фотоэлектроколориметра составил  $\lambda = 320-990$  нм.

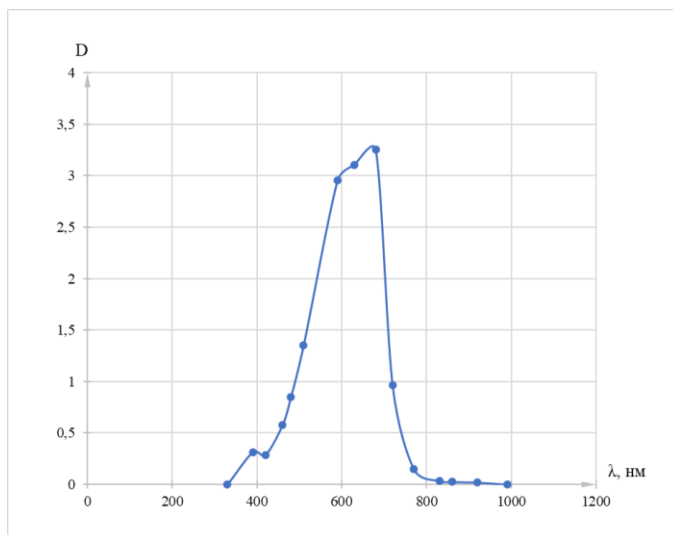


Рис. 1 График зависимости оптической плотности от длины волны

Из (рисунка 1) видно, что снятая спектральная характеристика имеет широкий диапазон поглощения от  $D = 0,851$  при  $\lambda = 480$  нм до  $D = 0,963$  при  $\lambda = 720$  нм и максимум при  $D = 3,256$  и  $\lambda = 680$  нм.

На основании полученных экспериментальных данных, была предложена измерительная схема анализатора МГ (Рис. 2).

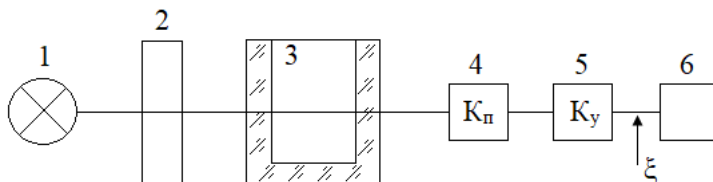


Рис. 2 Блок-схема устройства, реализующего предложенный метод контроля МГ: 1 – излучатель; 2 – нагреватель; 3 – измерительная ячейка; 4 – фотоприемник; 5 – усилитель; 6 – вторичный прибор

Для такого анализатора, реализованного на основе измерительной схемы прямого отсчета в монохроматическом приближении, сигнал измерительной информации  $W$ , регистрируемый индикатором, имеет вид (формула 1) [7]:

$$W = k l^{-D} + \xi, \quad (1)$$

где  $k$  – обобщенный параметр, зависящий от интенсивности светового потока, коэффициента пропускания оптических стекол, коэффициента передачи фотоприемника и усилителя;

$D$  – оптическая плотность;

$l$  – длина хода оптического луча;

$\xi$  – шумы измерительного преобразователя.

Снятие реальной характеристики сигнала измерительной информации  $W$  от концентрации раствора МГ позволит провести калибровку анализатора и приступить к промышленным испытаниям на реальном объекте контроля сточных вод.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселев, А.М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов / А.М. Киселев // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2002. – Т. XLVI, № 1. – С. 20-30.

2. Мальцева, В.С. Перспективы использования техногенных



отходов в качестве сорбентов / В.С. Мальцева, В.В. Юшин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2013. – № 4. – С. 126-131.

3. Егошина, А.В. Сорбционная очистка воды от красителей / А.В. Егошина, Н.А. Саввина, Д.А. Ваняшин // Химия и химическая технология в XXI веке: мат-лы XVIII Междунар. научно-практ. конф. студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва. –Томск, 2017. – С. 405.

4. Свергузова, С.В. Использование растительного сорбента для извлечения красителя Конго красный из модельных растворов / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, Е.В. Локтионова, В.И. Сыса, И.Г. Шайхиев // Chemical Bulletin. – 2021. – Т. 4. – № 1. С. 44-55.

5. Плеханова, В.А. Определение содержания железа в шламовом растворе и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Формула ФМ400» и фотоэлектроколориметрии на приборе КФК-2. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды: методические указания к лабораторной работе / В.А. Плеханова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 48 с.

6. Свергузова, С.В. Извлечение красителя «Метиленовый голубой» из водного раствора сорбционными материалами из скорлупы арахиса / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, Л. Хунади, С.Е. Спесивцева // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 1. – С. 79-83.

7. Стальнов, П.И. Автоматический контроль технологического процесса ацетонирования сорбозы в производстве аскорбиновой кислоты / П.И. Стальнов, М.Д. Москвин, В.Б. Сидонский, А.И. Лимаров // Химико-фармацевтический журнал. – 1997. –№ 2. – С. 53-54.

**УДК 621.878.23**

*Привалов М.С., Ратушный Н.Г., Андроник Н.Н.*

*Научный руководитель: Шеметов Е.Г., ст. преп.*

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

## **РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СОСТАВНОГО РЕЗЦА ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА «УРАЛ-20Р»**

Современные отечественные горные предприятия, осуществляющие добычу калийно-магниевых солей подземным

способом, широко используют механизированные комбайновые комплексы и камерную систему разработки. Данная технология в обозримом будущем останется приоритетной для калийной отрасли России, так как обеспечивает наибольшую производительность и безопасность ведения горных работ при реализации процессов отбойки и транспортирования руды в очистных камерах.

На сегодняшний день на калийных рудниках России наибольшее применение нашли проходческо-очистные комбайны типа «Урал-20Р», на очистных работах в камерах и проходки выработок по пластам мощностью от 3,1 до 3,7 при углах падения до 12° [1].

Представленные выемочные машины оснащены комбинированными планетарно-дисковыми исполнительными органами бурового типа и гусеничным ходовым оборудованием.

Анализ работы проходческо-очистного комбайна типа «Урал-20Р» в условиях ПАО «Уралкалий» (Верхникамское месторождение) позволил установить, что наиболее частая остановка комбайна происходит для смены резца рабочего органа.

Поэтому разработка предложения для проведения модернизации составного резца является актуальной задачей.

Усовершенствованием оборудования комбайнов калийных рудников посвящено ряд научных работ [2] которые показывают, что повышение энергоэффективности процесса разрушения калийного массива резанием и увеличение массовой доли обогатимых классов в добываемой руде обеспечиваются при формировании в срезе последовательных крупных сколов с устойчивыми геометрическими параметрами. При этом параметры резов должны находиться в диапазон рациональных значений.

С целью разработки предложения для проведения модернизации составного резца проходческо-очистного комбайна «УРАЛ-20Р» проведены патентные исследования на сайте ([www.patents.google.com](http://www.patents.google.com)) и в научной электронной библиотеке ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)). В результате анализа изобретений резцов комбайна были отобраны патенты на полезную модель: RU2755106, RU2212535, RU2448247, [4, 5, 6], соответствующие единой цели изобретения.

Составной резец для горных машин (рисунки 1, 2, 3) по патенту № 2448247 включает в себя сменную рабочую головку 10, которая оканчивается закрепленной в ней твердосплавной вставкой 11, и державку 2. Державка 2 представляет собой тело вращения и выполнена ступенчатой формы с тремя цилиндрическими участками: хвостовой 3, промежуточной 4 и передней 5. В хвостовой части 3 державки 2 имеется кольцевая проточка 6 для размещения в ней разрезного стопорного

кольца 25, при помощи которого резец закрепляется в резцедержателе 26 исполнительного органа 30. На боковой поверхности передней части 5 державки 2 выполнены радиально расположенные выступы 7. Наиболее предпочтительно иметь два выступа с углом между ними, равным  $165-175^\circ$ , что обеспечивает хорошую надежность крепления. Тело вращения, которым так же является сменная рабочая головка 10, которая может иметь любую известную для нее в практике геометрическую форму. В задней торцевой поверхности 12 рабочей головки 10 выполнено цилиндрическое углубление 13, в конце которого имеется кольцевая канавка 14. В соответствии с количеством и расположением радиальных выступов 7 державки 2 в углублении 13 головки 10 резца изготовлены продольные пазы 15.

Недостатком является относительно небольшой диаметр шкворня по сравнению с диаметром цилиндрической части рабочей головки, что понижает прочность резца при восприятии изменяющихся нагрузок и может стать причиной преждевременного выхода породоразрушающего инструмента из строя вследствие его поломки. Кроме того, сменная головка по причине резьбового соединения не имеет возможности свободного вращения относительно державки резца и тем самым вращается весь резец, что нежелательно, поскольку при этом изнашиваются трущиеся поверхности державки и канала резцедержателя. Износ последнего требует более частого и трудоемкого ремонта исполнительного органа, связанного с заменой резцедержателей.

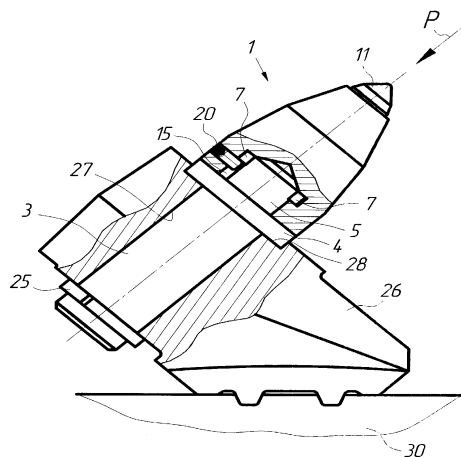


Рис. 1

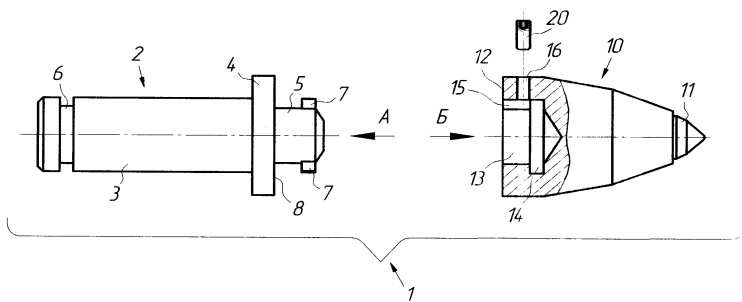


Рис. 2

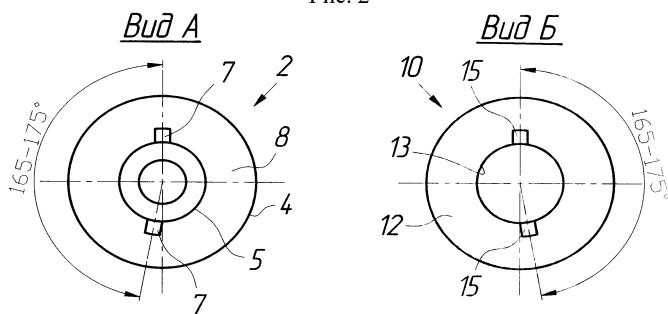


Рис. 3

Тангенциальный поворотный резец для горных машин по патенту № 2212535 (рисунок 4) состоит из корпуса, твердосплавной вставки, опорно-поворотной части и хвостовика, отличающийся тем, что его твердосплавная вставка выполнена двухступенчатой, причем одна из ступеней - рабочая имеет гладкую поверхность в виде вытянутого полуэллипсоида. Резец работает следующим образом. Вместе с кулаком, удерживающим его на рабочем органе комбайна, фреза своей рабочей ступенью 2 перемещается по линии XX, воздействуя на массив Q и разрушая его. При этом твердосплавная вставка 2 удерживается в корпусе резца 1 за счет припоя или посадки с натягом его посадочной ступени. Благодаря тому, что рабочая поверхность вставки гладкая, т.е. не содержит конических точек, она не подвержена разрушению.

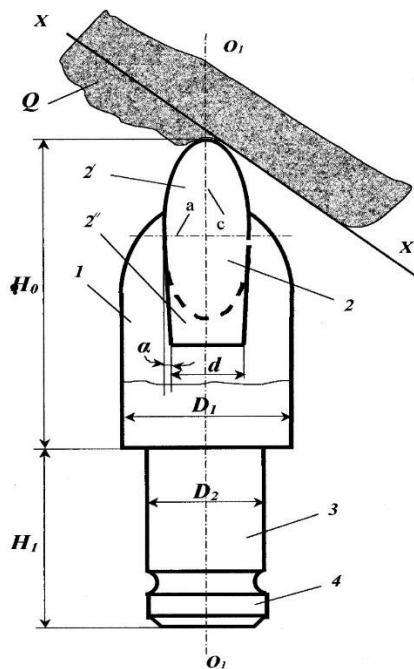


Рис. 4

Недостатком таких резцов является то обстоятельство, что вследствие износа стального корпуса керн твердого сплава обнажается и выпадает или выкрашивается

Составной резец с устройством крепления на исполнительном органе станка по патенту № 2755106 (Рис. 5-9) включает сменную рабочую головку 1 и держатель 2. Рабочая головка выполнена в форме тетраэдра, каждая вершина которого имеет армирующую твердосплавную вставку 3. В каждой из сторон сменной рабочей головки выполнены глухие отверстия 4 для разъемных соединений, например, резьбовых. В одно из отверстий 4 устанавливается держатель 2, в остальные отверстия устанавливаются заглушки 5, например, резьбовые пробки. При этом резьба, выполненная на передней части держателя 2 и заглушках 5, должна быть одинаковой.

Державка 2 (Рис.7) представляет собой цилиндрическое тело ступенчатой формы с тремя участками: передним 6, промежуточным 7 и хвостовым 8. На переднем участке 6 державки 2 выполнен крепеж разъемного соединения 9, например, резьба. Промежуточный участок 7

державки 2 имеет в сечении многоугольник 10. Хвостовой участок 8 державки 2 снабжен проточкой 11 для установки стопорного кольца 12.

Резцедержатель 13 (Рис. 5, 6, 9) жестко крепится на исполнительном органе машины (не показан на рисунках). В резцедержателе выполнены сквозное отверстие 14 (для установки державки 2 собранного составного резца) и как минимум одно глухое резьбовое отверстие 15 для установки стопорного винта 16. Стопорный винт 16 выполнен таким образом, что нижним торцом упирается в грань многоугольника 10 промежуточного участка державки 2 и фиксирует ее от проворота относительно своей оси.

На передней поверхности резцедержателя 13 выполнен, как минимум один упор 17, фиксирующий от проворота рабочую головку 1. Упор может быть выполнен произвольной формы, например, V-образным (Рис. 9).

Работа устройства осуществляется следующим образом. Сменная рабочая головка 1 соединяется с державкой 2. В свободные отверстия 4 на гранях рабочей головки 1 устанавливаются заглушки 5. Резец в сборе устанавливается в отверстие 14 резцедержателя 13, жестко закрепленного на исполнительном органе горной машины. Составной резец фиксируется в резцедержателе посредством стопорного кольца 12, устанавливаемого в проточку 11 хвостового участка 8 державки 2, и стопорного винта 16, вкрученного в резьбовое отверстие 15 и упирающегося нижним торцом в одну из плоских граней промежуточного участка 7 державки 2, а также посредством упоров 17, фиксирующих от проворота рабочую головку составного резца.

При контакте собранного устройства с разрушаемым материалом рабочая головка 1 воздействует на разрушаемый материал острым ребром армирующей твердосплавной вставки 3. Процесс механического разрушения твердой среды сопровождается износом армирующей твердосплавной вставки 3 и затуплением ребра, направленного по траектории реза. При наступлении существенного износа острого ребра армирующей твердосплавной вставки 3, исполнительный орган машины останавливают. Стопорное кольцо 12 вынимают из проточки 11 хвостового участка 8 державки 2. Стопорный винт 16 выкручивают из резьбового отверстия 15 на величину, обеспечивающую свободный выход державки 2 из отверстия 14. Собранный резец вынимается из отверстия 14 резцедержателя 13, и устанавливается обратно в отверстие 14 таким образом, что в направлении траектории реза оказывается ориентированным неизношенное острое ребро армирующей твердосплавной вставки 3

рабочей головки 1. После чего производят фиксацию положения резца в резцедержателе.

В случае износа всех ребер или потери твердосплавной вставки 3 рабочей головки 1 составной резец вынимают из резцедержателя 13 описанным выше способом. Рабочую головку 1 отсоединяют от державки 2. Одно из отверстий 4 на гранях рабочей головки 1 освобождают от заглушки 5. Державку 2 устанавливают в освобожденное от заглушки 5 отверстие 4, а заглушку 5 устанавливают в отверстие, освобожденное от державки 2. Таким образом, на вершине рабочей головки 1 составного резца оказывается неизношенная твердосплавная вставка 3. Собранный резец устанавливают в резцедержатель 13, фиксируют и продолжают работу по разрушению материала.

Достоинством резца по данному изобретению является увеличение наработки и уменьшение удельного расхода резцов при разрушении горных пород, минеральных и искусственных материалов.

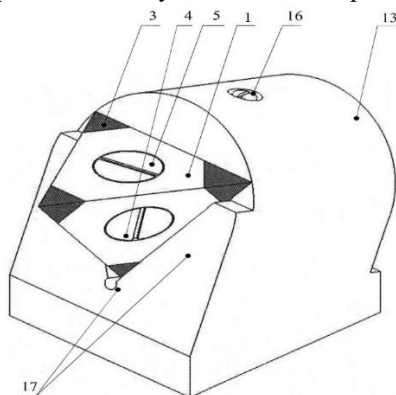


Рис. 5

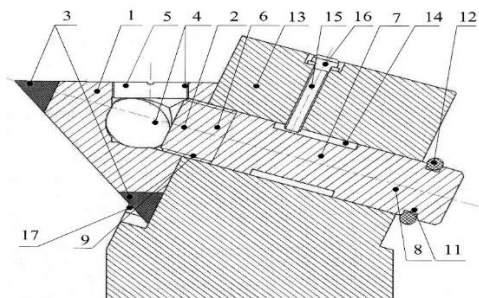


Рис. 6

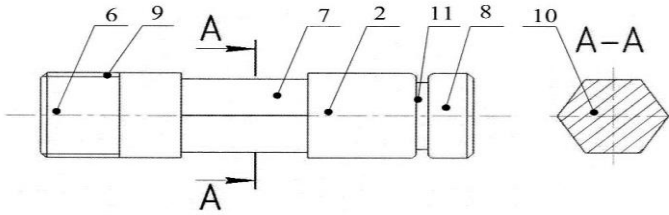


Рис.7

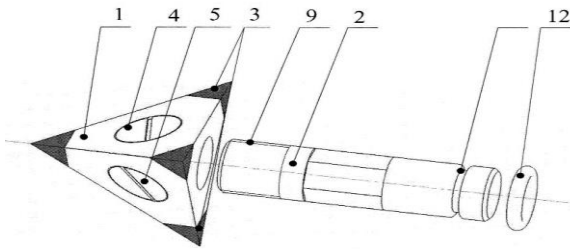


Рис.8

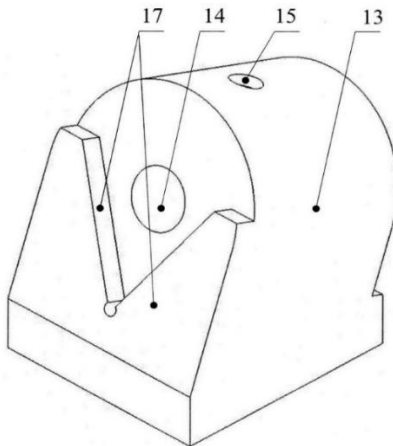


Рис. 9

Анализ конструкции и принципа работы резца на исполнительном органе комбайна «УРАЛ-20Р» по патентам RU2755106, RU2052099,



RU2448247 позволил установить, что наиболее приемлемой конструкцией для проведения модернизации является конструкция по патенту RU2755106, которая имеет по сравнению с прототипами (RU2052099, RU2448247) увеличением наработки и уменьшением удельного расхода резцов при разрушении горных пород, минеральных и искусственных материалов.

Дальнейшая работа состоит в изготовлении конструкторской документации на резец комбайна, его моделирования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по эксплуатации 41.00.00.000 РЭ Комбайн проходческо-очистной «УРАЛ-20Р» ОАО «Копейский машиностроительный завод 2013г.». — URL: [https://issuu.com/mining.ucoz.ru/docs/\\_\\_\\_\\_\\_-20\\_/](https://issuu.com/mining.ucoz.ru/docs/_____-20_/) (дата обращения: 15.05.2022).

2. Богданов В.С., Дмитриенко В.Г., Шеметов Е.Г. Использование в учебном процессе CAD/CAM/CAE системы NX в проектировании горнорудного оборудования студентами БГТУ им. В.Г. Шухова / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 7. С. 29-33.

3. Шишлянников Д. И. Гидропневмопривод горных машин: учеб.пособие / Д. И. Шишлянников, В. Ю. Зверев, А. Ю. Микрюков, С.Л. Иванов, А.К. Муравский, Д. А. Шибанов – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – 183 с.

4. Патент № 2755106 Российская федерация, МПК У21С35/18. Составной резец с устройством крепления на исполнительном органе машины: № 2020141330: заявл. 14.12.2020; опубл 13.09.2021 / Шишлянников Д. И., Суханов А. Е., Васильев А. Л., Борисов А. В., Грибов Д. С.; заявитель АО «ВНИИ «Галургии».

5. Патент № 2212535 Российская федерация, МПК E21C 35/18. Резцы для очистных и проходческих комбайнов: № 2001134315/03: заявл. 17.12.2001; опубл. 20.09.2003/ Дворников Л. Т.; Прокушенко С. И., Крестовоздвиженский П. Д.; заявитель ООО "Горный инструмент".

6. Патент № 2448247 Российская федерация, E21C 35/18. Составной резец для горных машин: № 2010148945/03: заявл. 30.11.2010; опубл 20.04.2012. / Болобов В. И., Габов В. В., Талеров М. П., Талеров К. П.; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)".

Прокопов М.В., Одобеско И.А., Жигулина Ю.А.  
 Научный руководитель: Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.  
 Белгородский государственный технологический университет  
 им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «ШКИВ»

Шкив — фрикционное колесо с желобом или ободом по окружности, которое передаёт движение приводному ремню или канату.

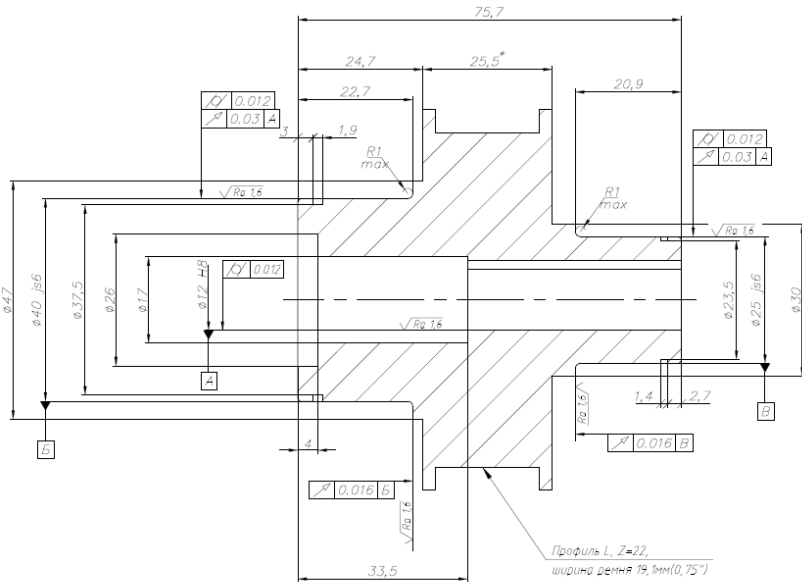


Рис. Чертеж детали «Шкив ведомый».

Использование зубчатых ремённых передач в различных механизмах [1] обусловлено их достаточной простотой реализации при значительных передаваемых моментах, при условии обеспечения точности перемещения выходных звеньев различных механизмов.

На (рисунке 1) представлен чертеж детали «Шкив ведомый», используемый в приводе роботизированной платформы. Результаты

исследования параметров отклонений формы и взаимного расположения поверхностей которого выполнялись авторами, по собственной методике, не противоречащей нормативным документам. При этом авторами были подобраны оборудование с приспособлением для выполнения измерений радиального биения и мерительный инструмент.

Учитывая высокие требования по точности выполнения выходных концов измеряемых шкивов, было принято решение выполнять измерения на том же оборудовании, на котором были получены эти изделия.

В качестве оборудования и оснастки для проверки отклонений использовались следующие приспособления, а именно:

– Оборудование: станок токарный СТ16К25Б\1500, дата последнего испытания на технологическую точность по ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 – 15.07.2021 г.;

– Измерительный инструмент:

1. Микрометр номер D 321129 ГОСТ 6507-90, дата последней поверки – 19.03.2021 г.;

2. Индикатор часового типа ИЧ-10 ГОСТ 577-68, номер G125260.

В результате проверки детали «Шкив ведомый» на отклонения взаимного расположения и отклонения от конструкции (чертежа) было установлено, что ни один из исследуемых образцов нельзя признать годным.

Так же был проведен выбор методов достижения точности, благодаря которым выполняются технические условия изделия и анализ технологичности конструкции изделия.

Так же в работе была разработана оснастка [4] для проверки детали на радиальное биение, и были предложены методы повышения качества продукции, а именно:

– внедрение системы менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2001;

– пересмотр технологического процесса;

– замена двумерной модели (чертежа), трехмерной;

– активный контроль изделия в процессе механической обработки.

В связи с тем, что в производстве происходит отход от двумерных моделей изделия в виде чертежа, и его замена трёхмерной моделью, разработать алгоритм в виде дополнительного сценария в программном пакете геометрического моделирования, позволяющий выполнять простановку обозначения шероховатости в трёхмерных моделях, реализуемый на базе свободно распространяемой САПР – FreeCAD [5].

Что позволит учитывать влияние шероховатости на получение и требуемых размеров при обеспечении их точности

На основании исследования в статье были сформулированы цели и задачи, которые необходимо решить при дальнейшем изготовлении данной продукции на производстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рахимова Х. О. Эффективная конструкция ременной передачи с составным ведомым шкивом привода швейной машины // Наука и новые технологии. 2011. № 9. С. 19-20.

2. Голдобина В. Г. Влияние жесткости технологической системы на точность и форму обрабатываемых отверстий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 93-96.

3. Вирабян Л. Г., Халапян С. Ю., Кузьмина В. С. Оптимизация траектории позиционирования выходного звена планарного параллельного робота // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 106-113. DOI 10.12737/article\_5bab4a2147fc30.43957017.

4. Схиртладзе А. Г., Борискин В. П. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учебное пособие для вузов. Старый Оскол: ТНТ, 2008. 539 с.

5. Чепчуров М. С., Четвериков Б. С., Масловская А. Н., Любимый Н. С. Реализация автоматизированного обозначения шероховатостей поверхностей объектов электронной модели изделия // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2020. № 8(281). С. 3-9. DOI 10.14489/hb.2020.08. pp.003-009.

**УДК 62-52**

***Романюта М.А.***

***Научный руководитель: Гречушкина Н.В.***

*Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета,  
г. Рязань, Россия*

## НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Цифровизация машиностроительной отрасли, интеграция цифровых технологий на всех этапах производства и управления им, связана с масштабным внедрением киберфизических систем. Они включают в себя объединенные в комплекс информационную

инфраструктуру, оборудование и датчики и способны автономно функционировать и принимать решения в режиме реального времени, осуществлять мониторинг и управление оборудованием [5]. Основу для функционирования киберфизических систем создает комплексное применение технологий облачных вычислений, искусственного интеллекта (AI), анализа больших данных (BigData), промышленного Интернета вещей (IoT) и др. [2]. Обработка информации, получаемой от различных датчиков промышленной киберфизической системы, с использованием технологий BigData в режиме реального времени представляет собой сложную задачу из-за объема поступающих неструктурированных данных. Ее решение требует применения различных методов AI, в том числе на основе использования искусственных нейронных сетей.

Технологические решения с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС) являются примерами эффективного применения AI, который определяется как «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека <...> и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые <...> с результатами интеллектуальной деятельности человека» [4, с. 17]. Внедрение AI-решений обеспечивает рост скорости, качества и доходности производственных процессов, улучшение характеристик продукции, сокращение сроков принятия решений и производственных затрат. Они используются для сбора и анализа данных, диспетчерского контроля и управления производственными процессами, работы робототехнических систем и систем промышленного IoT, интеллектуального моделирования и прототипирования, мониторинга состояния оборудования и его предиктивного ремонта и др. [2], [3], [4].

Создание модели искусственной нейронной сети включает в себя последовательное выполнение следующих шагов:

1. Создание модели ИНС и определение ее параметров, в том числе, программная реализация модели и ее компиляция.
2. Подготовка набора данных для обучения ИНС.
3. Обучение ИНС.
4. Тестирование и валидация ИНС.
5. Имплементация ИНС.

Рассмотрим этапы создания ИНС на примере задачи контроля качества покраски поверхности детали [1]. Применение ИНС для решения этой задачи предполагает получение растровых изображений поверхности детали, разбиение их на точки (пиксели) и анализ полученного множества точек для выявления точек, отличающихся от

заданного стандарта. Будем считать, что интенсивность цвета всех точек в наборе одинакова, то есть не учитываются дефекты окрашивания, связанные с толщиной слоя нанесенной краски. Стандартом является цвет окрашивания. Для решения поставленной задачи необходимо обучить ИНС определять и разделять точки стандартного и нестандартного цвета из набора. Для программной реализации применения ИНС для решения поставленной задачи будем использовать Python, а также его библиотеку TensorFlow и открытую подбиблиотеку Keras, которая написана на языке Python и обеспечивает взаимодействие с ИНС. Задача включает в себя следующие этапы: 1) Импорт необходимых для работы нейронной сети библиотек Pandas и NumPy. 2) Считывание тренировочного файла с набором точек и перемешивание точек в случайном порядке. 3) Создание модели ИНС и определение ее параметров; 4) Компиляция модели ИНС; 5) Обучение ИНС: на вход требуются входные данные (координаты  $x$  и  $y$  точки), выходные данные (цвет точки), количество входных и выходных данных и количество поколений тренировки (Epoch); 6) Тестирование (Evaluation) ИНС с заданной точностью (accuracy). Рассмотренный алгоритм применения ИНС для решения задачи оценки качества окрашивания поверхности детали применим для случая, когда интенсивность цвета точек поверхности одинакова. Приближение задачи к реальным условиям производственного процесса требует включения в набор точек с разной интенсивностью окрашивания, учета возможных искажений в цветопередаче из-за особенностей освещения.

В общем виде имплементация модели ИНС включает в себя [6]:

1. Создание модели ИНС и ее конфигурацию. Большинство платформ управления имеют встроенные программные средства для программирования алгоритма ИНС и ее обучения.

2. Проверку качества входов. ИНС может принимать и обрабатывать неточные сигналы, искаженные или смещенные, только если они являются повторяющимися, а поступление неточных входов было учтено при обучении модели ИНС.

3. Тестирование управления пространством. Каждый вход представляет собой одно измерение, определяемое распределением вектора точки записей данных входного вектора, используемых для обучения. Совокупность всех входов формирует измерение пространства, в пределах которого находится пространство управления. Тестирование управления пространством предполагает проверку и подтверждение того, что все входы соответствуют тому управлению пространством, где обучалась ИНС.

4. Планирование альтернативной стратегии управления (контроля

и стратегии измерения) необходимо для случаев, когда входной вектор точки находится вне допустимого пространства управления. В этом случае подается аварийный сигнал оператору и осуществляется переключение на альтернативный режим управления, направленный на смягчение воздействия от необученных результатов моделирования.

5. Подготовку человеко-машинного, который должен иметь заданную величину выходного сигнала, общую индикацию тревоги пространства управления, индивидуальный выход сигнала тревоги для каждого входа с обслуживанием в порядке поступления, возможность перевода в ручной режим управления и выбора альтернативной стратегии для выходного значения.

Рост масштабов интеграции цифровых технологий в машиностроении обусловлен их совершенствованием и возможностью сквозного применения. На практике целесообразность применения конкретных решений определяется не их инновационностью, а повышением за счет их использования эффективности процессов [2].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гречушкина Н.В., Романюта М.А. Применение искусственной нейронной сети для оценки качества покраски поверхности детали // В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы V Международной научно-практической конференции. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 188-192.

2. Иващенко, А.В., Ситников П.В. Технологии интеллектуального контроля производственных процессов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20, № 6-2 (86). С. 321-327.

3. Кузнецова, Т. И., Булаев, А.В. Нейросетевое моделирование производственных процессов в машиностроительной отрасли // Гуманитарный вестник. 2018. № 11 (73). С. 9.

4. Развитие отдельных высокотехнологичных направлений. Белая книга. / Под ред. М. Ю. Соколова, Л. Д. Эйделькинд. Москва: НИУ ВШЭ, 2022. 186с.

5. Смышляева А.А., Резникова К.М., Савченко Д.В. Современные технологии в Индустрии 4.0 – киберфизические системы // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №3, Том 7. С .1-11. DOI: 10.15862/02INOR320Попова, М. Л. Перспективы развития автономного транспорта / М. Л. Попова // Молодой ученый. 2021. № 5 (347). С. 11-12.

6. Ки, Д.У. Искусственные нейронные сети управления

УДК 006.3

Русанов А.В.

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЕРКИ МАГНИТНЫХ ТОЛЩИНОМЕРОВ

В конце XX века получили широкое распространение толщиномеры с возможностью цифровой обработки сигналов, что обеспечило стабильность измерений и возможность многократного их повторения. На сегодняшний день во многих сферах промышленности (автомобильной, судостроительной), в строительстве широко используются защитные лакокрасочные и металлические покрытия. Одним из основных показателей качества покрытия является его толщина. Повышение точности измерений толщины покрытий значительно влияет на показатели изделий, среди которых можно выделить минимизацию расходов, износостойчивость, коррозионную защиту, внешний вид изделия.

Среди общего числа толщиномеров покрытий доля магнитных толщиномеров покрытий, с помощью которых контролируют толщину немагнитных и лакокрасочных покрытий на магнитном основании, составляет порядка 60% (рисунок 1), поэтому разработка средств поверки, а также методической и нормативной базы этой большой группы толщиномеров является актуальной задачей [1].

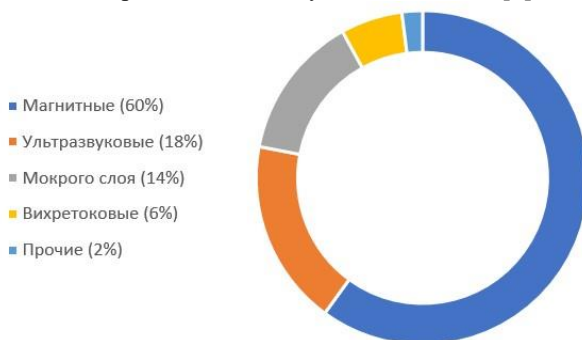


Рис. 1 Соотношение видов толщиномеров, %



Одними из самых распространенных методов измерения толщины покрытия являются: ультразвуковой, мокрого слоя, вихрековый, радиационный, магнитный [2].

Ультразвуковой метод является акустическим методом контроля. Ультразвуковые приборы часто используются, когда доступна лишь одна сторона поверхности изделия, например, трубопроводы, промышленные котлы, печи. Толщина покрытия изделия зависит от времени, за которое ультразвуковая волна проходит до границы сред с разными свойствами упругости. На (рисунке 2) изображен ультразвуковой толщиномер «Булат 1М», который предназначен для измерения изделий при одностороннем доступе к ним. Существуют различные модификации данного прибора, выполненные в форме датчика, присоединяемого к компьютеру или смартфону.



Рис. 2 Ультразвуковой толщиномер «Булат 1М»

Вихрековый метод заключается в изменении плотности поля вихревых токов Фуко в зависимости от изменения толщины контролируемой поверхности изделия. Токи Фуко создают собственные электромагнитные поля, которые могут быть измерены основной или второстепенной обмоткой. Данный метод используется в большинстве своём для хорошо проводящих поверхностей, в частности сделанных из металлов, например, из алюминия.

Метод, называемый методом мокрого слоя, предназначен для измерения толщины жидких или вязких лакокрасочных покрытий. У приборов, работающих на основании данного метода, есть механическая связь объекта контроля с средством измерения. Часто такие толщиномеры выполнены в виде гребёнки.

Магнитный метод заключается в выявлении зависимости параметров магнитного поля от толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях. Различают три вида магнитных преобразователей: магнитоэлектрический, индукционный и пондемомоторный [4].

Индукционный метод позволяет определить изменение магнитного сопротивления. Преобразователь толщиномера фиксирует изменение магнитной индукции, которая обусловлена изменением магнитной проводимости среды [5]. На рис.3 представлена схема индукционный толщиномера (1 – основание, 2 – покрытие для исследования, 3 – сердечник, 4 – измерительная обмотка, 5 – обмотка возбуждения).

При использовании индукционных толщиномеров магнитный поток создаётся благодаря встроенной в датчик-преобразователь катушки индуктивности. В аналогии с магнитоэлектрическими толщиномерами сигналом отклика служит изменение магнитной проницаемости магнитной цепи, состоящей из ферромагнитной основы, преобразователя и немагнитного зазора между ними. Преобразователь прибора замеряет изменение магнитной индукции, обусловленной изменением магнитной проводимости среды, и преобразует его посредством индикаторных катушек индуктивности в электрический сигнал.

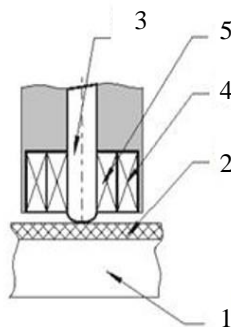


Рис. 3 Схема индукционного толщиномера

Пондеромоторный метод основан на регистрации силы отрыва (притяжения) постоянного магнита или сердечника электромагнита от контролируемой поверхности. Сила притяжения пропорциональна

квадрату индукции, а индукция зависит от величины зазора между магнитом и ферромагнитным изделием.

На регистрации изменения напряженности магнитного поля в цепи постоянного магнита или электромагнита при изменении расстояния между магнитным полем и ферромагнитным изделием основан магнитоэлектрический метод. Информация о толщине покрытия фиксируется посредством магниточувствительных элементов [3]. На рис.4 представлена схема действия магнитоэлектрического толщиномера (1 – электромагнит, 2 – ферромагнитная деталь, 3 – немагнитное покрытие, 4 – преобразователь Холла, 5 – измерительный прибор, 6 – постоянный магнит).

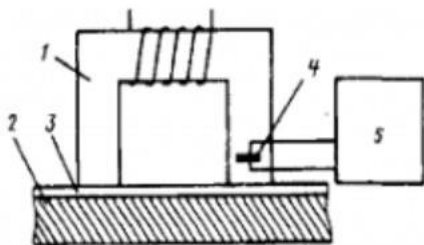


Рис. 4 Схема действия магнитоэлектрического толщиномера

Недостатки магнитного метода: необходимость обеспечения надежного контакта датчика прибора с контролируемой поверхностью, высокое энергопотребление по сравнению с ультразвуковым методом.

Преимущества: широкое ранжирование измерений, низкая процент погрешности измерений (2-3%), занимает малое время измерения, конструктивная простота приборов.

Таким образом, магнитный метод является наиболее эффективным для измерения толщины лакокрасочных покрытий на покрытиях с ферромагнитным основанием. Данное утверждение подтверждается физическим законом, выраженном в виде формулы (1):

$$B = m_0 \cdot t \cdot H \quad (1).$$

где  $B$  – магнитная индукция, Тл;  $m_0$  – магнитная проницаемость в вакууме ( $m_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ), Гн/м;  $t$  – относительная проницаемость материала, Гн/м;  $H$  – напряженность магнитного поля, А/м.

Для сбережения ресурсов магнитный толщиномер можно усовершенствовать, например, автоматизировать калибровку толщиномера [6]. Таким образом, уменьшается количество времени,

необходимое для эксплуатации прибора. На сегодняшний день имеют широкое распространение толщиномеры с автоматизированной калибровкой. На рис.5 изображен современный толщиномер МЕГЕОН-19080. Он имеет самокалибровку, что обеспечивает малое время, необходимое для измерения толщины исследуемого покрытия. Данный прибор наилучшим образом подходит для выполнения поставленной задачи.



Рис. 5 Магнитный толщиномер МЕГЕОН-19080

Таким образом, среди всех магнитных методов измерения толщины поверхности изделия наиболее ресурсоэффективным является метод, который основан на использовании индукционного толщиномера. Это обусловлено его конструктивной простотой, относительной дешевизной производства и широким распространением.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М. Л. Бабаджанова. Меры толщины покрытий для магнитных толщиномеров. 15-я Рос. науч.-тех. конф. «Неразрушающий контроль и диагностика». Тез. докл., т.2, 1999 с.374.
2. Лаанетос Р. А. Методы и средства для проверки толщиномеров покрытий. Таллин. Валгус, 1989.
3. Валитов А. М., Шилов Г. И. Приборы и методы контроля толщины покрытий. Справочное пособие. Изд. «Машино»строение", Л., 1970, 120 с.
4. Технологические процессы, производства и оборудование [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов специальности 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств" / О.

В. Луценко; БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. прикладной химии. - Электрон. текстовые дан. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012.

5. ГОСТ 24450-80 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.

6. ГОСТ 8.502-84 ГСИ. Толщиномеры покрытий. Методы и средства поверки.

**УДК 614.8**

***Рыженков М.Б., Лезанко В.А.***

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

## **УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЗЛОВОГО РЕМОНТА ЭКСКАВАТОРА**

На сегодняшний день по России и в целом в мире актуальна тема по улучшению условий труда работников, которую должен обеспечивать работодатель путем реализации мероприятий, направленных на улучшение условий труда, разработанных на основе результатах специальной оценки условий труда и оценке профессиональных рисков.

Рабочее место электрогазосварщика Цеха технического обслуживания и ремонта горного оборудования АО «Стойленский ГОК» при выполнении узлового ремонта ЭКГ представлено на (рисунок 1). В цеху 120 электрогазосварщиков выполняют огневые и электрогазосварочные работы [1].



Рис. 1 Рабочее место электрогазосварщика АО «Стойленский ГОК»

Проанализировав карту специальной оценки условий труда электрогазосварщика и приложенные протоколы измерений вредных факторов, согласно проведенным измерениям, был установлен 2 класс условий труда [7].

В Цехе технического обслуживания и ремонта горного оборудования используется следующее оборудование и материалы для проведения электрогазосварочных работ при узловом ремонте горного оборудования:

- Сварочный аппарат ВКСМ 1000.

- Сварочный аппарат ВДМ 1001.

- Вытяжная вентиляция местного типа, непосредственно в местах проведения постоянных электрогазосварочных работ.

Материалы:

Электроды различного типа согласно технологическим картам [6-9].

- УОНИ 133/55 Ø 4-5мм.

- МР – 3 Ø3мм.

- ОЗЛ 11 Ø 4-5 мм. По марганцовистой стали при ремонте ковша экскаватора.

По результатам проведенной оценки профессиональных рисков, представленных в таблице 1, на рабочем месте электрогазосварщика, прописанных в Инструкции по охране труда электрогазосварщика, выполняющего огневые работы на участках Цеха технического обслуживания и ремонта горного оборудования, установлен средний уровень опасности [10].

Таблица 1 – Оценка профессиональных рисков на рабочем месте электрогазосварщика

Идентифицированные опасности	Уровень опасности
Падение/спотыкание/подскальзывание при перемещении по территории и внутри производственных помещений	Средний
Движущиеся/вращающиеся элементы	Средний
Ожоги, отравление продуктами горения при пожаре	Средний
Механическая травма при работе с ручным инструментом	Средний
Электротравма при работе с электронным инструментом	Низкий
Падение работника в ограниченном пространстве	Низкий
Падение тяжелых предметов на ноги	Средний

Идентифицированные опасности	Уровень опасности
Порез острыми краями предметов	Низкий
Опасность повышенного уровня и других неблагоприятных характеристик шума	Средний
Опасность удара подвижными частями технологического оборудования	Низкий
Опасность воздействия повышенной или пониженной влажности воздуха	Средний
Опасность поражения органов дыхания от вдыхания вредных паров или газов	Средний
Опасность воздействия повышенной или пониженной температуры воздуха рабочей зоны и поверхности технологического оборудования	Средний
Опасность воздействия повышенного движения воздуха рабочей зоны	Средний
Опасность, связанная с наклонами корпуса и/или чрезмерным напряжением тела	Средний
Опасность работы в зоне работы ПС	Средний
Опасность работы в зоне работы автотранспортных средств	Средний
Опасность поражения органов зрения	Низкий
Опасность падения в люки, колодцы.	Низкий

Работа электрогазосварщика участка подготовки производства сопровождается большой нервно-эмоциональной напряженностью. В целях повышения работоспособности и создания максимального комфорта для труда электрогазосварщика участка подготовки производства можно рекомендовать следующие мероприятия:

- Установка специального стула сварщика с подставкой для ног и регулируемой высотой (обивка из асбестоткани имеющая огнеупорные свойства) [3].

- Установка стационарной и мобильной вытяжной вентиляции.

- Обеспечение масками сварщика типа хамелеон (для минимизации риска поражения органов зрения) [4].

- Обеспечение специальным инструментом (молоток сварщика).

- Оборудование комнаты приема пищи в производственном здании цеха.

– Оборудование отделения узлового ремонта люминесцентным освещением. Расположение светильников (не менее двух), снабженных рассеивателями света так, чтобы на рабочем месте сварщика обеспечивалась освещенность не менее 200 лк (по нормам СП 52.13330.2016) [2].

– Ежегодное проведение диспансеризации работников и назначение при необходимости соответствующего профилактического лечения [1].

– Дополнительное обеспечение в зимне-осенний период пиктиновыми смесями (поливитаминами) [10].

Создание комфортных условий труда обеспечит производительность труда и снизит уровень заболеваемости и травматизма работников [5].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коллективный договор АО «Стойленский ГОК» и профсоюзной организации дата введения в действие 2021г. Сроком на 3 года. – 156 с.

2. Консорциум кодекс Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» <https://docs.cntd.ru/document/871001026?marker=7D20K3> (дата обращения: 16.05.2022)

3. Выбор защитного оборудования <http://reer.mega-sensor.ru/vybor-zashhitnogo-oborudovaniya/> [Электронный ресурс]. <http://www.zavod-ak.com/ostanov/p1.htm> (дата обращения: 11.05.2022)

4. Трудовой кодекс Российской Федерации № 197-ФЗ от 30.12.2001 г. [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) (дата обращения: 16.05.2022)

5. Едаменко А.С. Производственный травматизм в строительном комплексе / Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 5 (51). – Москва, 2013. – С. 1-5.

6. Карта СОУТ №444.005.037 от 18.12.2019 г. (электрогазосварщика). - 20 с.

7. Технологическая карта 00186826-OR-442-(1900)-003-2019 ТК на ремонт корпуса ковша экскаватора ЭКГ-8, ЭКГ-10. – 23 с.

8. Климова Е.В. Снижение производственного травматизма путем совершенствования системы управления охраной труда Рыжиков Е.Н. // Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2017. Вып. 1. Тула – С. 41-51.



9. Технологическая карта 00186826-OR-442-(1900)-029-2019 ТК на ремонт редуктора напора экскаватора ЭКГ-8, ЭКГ-10. -27 с.

10. Инструкция по охране труда для электрогазосварщика, введена в действие приказом от «08» июня 2021 г. – 32 с.

### **УДК 67.05**

*Савостина Я.А., Парамонова А.А.*

*Научный руководитель: Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический институт*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

## **ПЕРВЫЕ ШАГИ В ОСВОЕНИИ ЭМУЛЯТОРА СТАНКА С ЧПУ NC-210**

Эта статья написана для того, чтобы легче освоить управление эмулятором станка с ЧПУ NC-210. Каждому студенту доступны методические указания с подробным описанием каждого элемента программы, но в таком множестве пунктов можно растеряться.

Всего по предмету ТОПО проводят семь практических работ, которые созданы для программирования станков с ЧПУ. Первая работа посвящена изучению расположения и назначения органов управления и устройств. Во второй работе уже обучают вводу, выводу, редактированию и запуску программ.

Можно выделить общую и упрощенную инструкцию для настройки станка на работу:

1. Включить VMware Workstation 16 Player и запустить эмулятор токарной стойки NC-210.

2. Дождаться загрузки видеостраницы #1. Нажать мышкой в область окна эмулятора, после этого пропадает курсор и управление переходит к клавиатуре.

3. Теперь нужно включить станок, для этого, находясь на видеостранице #1, нажать кнопку «f10», открыв видеостраницу #7.

4. Чтобы работать с эмулятором необходимо включить станок. Это можно сделать, нажав на клавишу «f5». Так же он и выключается.

5. Возвращаемся на видеостраницу #1, нажав «f10».

6. Вводим команду UAS=1 в строку команд и нажимаем «Enter». Эта команда необходима для отключения осей, чтобы совершалось перемещение рабочего органа вдоль осей.

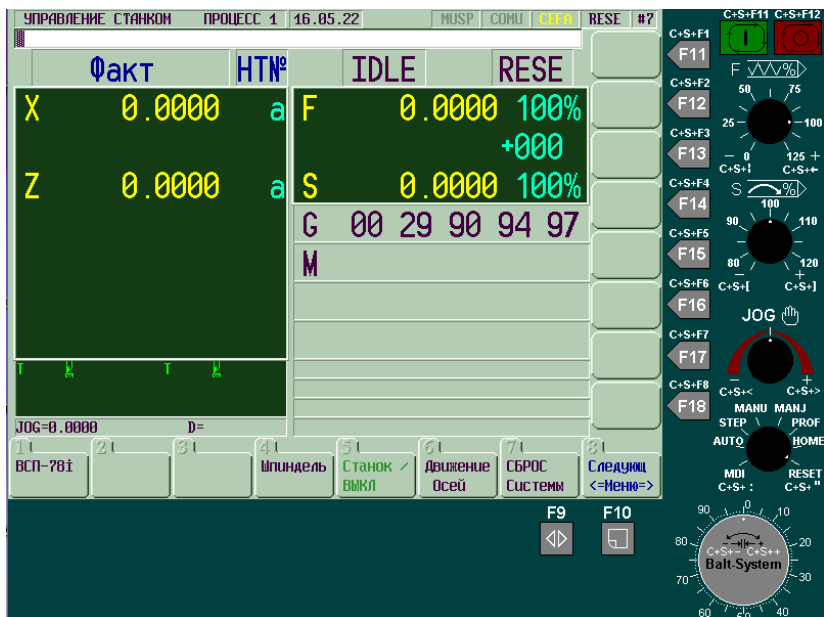


Рис. 1 Видеостраница #7с включенным станком

7. Чтобы написать или открыть программу нужно переместиться к экрану в режиме КОМАНДА, нажав на «f9».

8. Благодаря команде EDI можно: открыть, редактировать или создать программу. Введите в строку команд «EDI, «Название программы» /MPx», и нажмите клавишу «Enter». «x» в записи «MPx» является номером памяти, всего их шесть штук. Если программы с таким названием в выбранной памяти нет, то она создастся, а если уже существует, то откроется и будет доступна для редактирования. Перемещаться между строками можно стрелками клавиатуры. Чтобы сохранить строку или изменение в ней необходимо кликнуть «Enter». Имя программы не может включать в себя больше шести алфавитно-цифровых знаков, и первой в названии может быть только буква. Например «EDI,YANA/MP1».

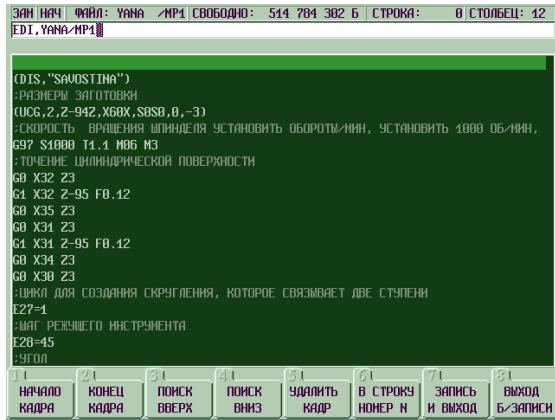


Рис. 2 Открытая программа с помощью команды EDI

9. Чтобы сохранить программу нужно выбрать кнопку «ЗАПИСЬ И ВЫХОД», нажав клавишу «f7».

10. Возвращаемся на видеостраницу #1, выбрав кнопку «f10». Вводим в строку команд «SPG, «Название программы» МРх». Например, «SPG, YANA/MP1». Важно выполнять команду в режиме AUTO. Чтобы переключиться на этот режим нужно зажать ряд клавиш «Ctrl+Shift+» пока стрелка не повернётся на надпись «AUTO». Запустить программу можно нажав Ctrl+Shift+ «F11».

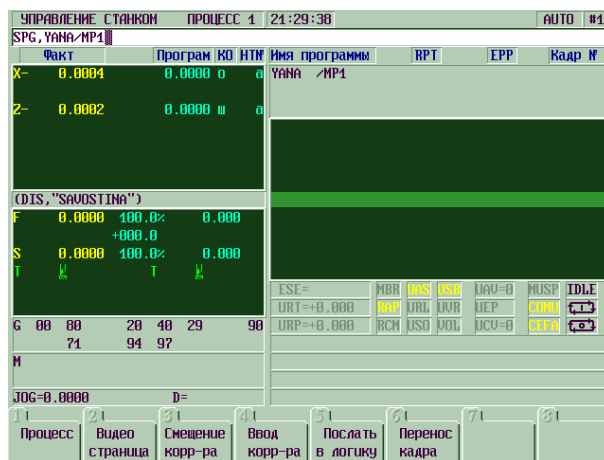


Рис. 3 Видеостраница #1 с введённой командой SPG

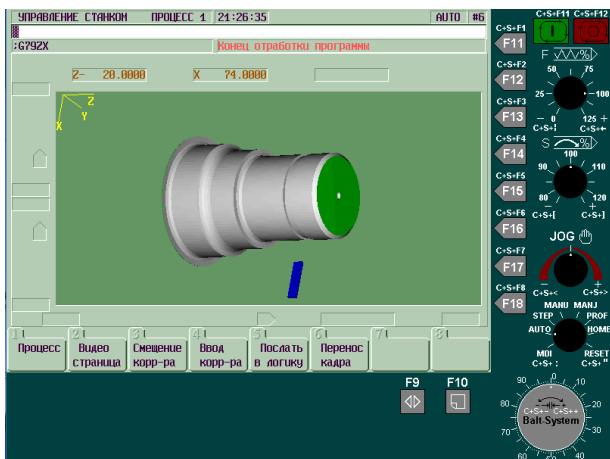


Рис. 4 Видеостраница #6 с отображением конца отработки программы

Данный алгоритм не заменяет собой методические указания, для освоения управления эмулятора станка они обязаны к ознакомлению. Но перечисленные пункты помогут не растеряться в самом начале пути.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепчуров М. С., Жуков Е. М. Оборудование с ЧПУ машиностроительного производства и программная обработка // Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. 139 с.
2. Руководство программиста МС. Балт-Систем ООО. [Электронный ресурс]. URL: <https://bsystem.ru/docs2>
3. Команды переходов. [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.ru/15\\_124482\\_komandi-perehodov.html](https://studopedia.ru/15_124482_komandi-perehodov.html)
4. Перечень трёхбуквенных кодов, используемых при работе с УЧПУ. [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.ru/11\\_22768\\_perechen-trehbukvennih-kodov-ispolzuemih-pri-rabote-s-uchpu.html](https://studopedia.ru/11_22768_perechen-trehbukvennih-kodov-ispolzuemih-pri-rabote-s-uchpu.html)
5. Маданов А. В., Гисметулин А. Р. Методические указания по изучению устройства и управления металлорежущим оборудованием с чпу. Токарный станок vm180V с чпу ps-220 и фрезерный станок optimum bf 20 vario с. [Электронный ресурс]. URL: <https://rykovodstvo.ru/exspl/27964/index.html?page=3>

*Сильченко С.А.*

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

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫТЯГИВАНИЕМ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА

В настоящее время важной задачей является моделирование технологических процессов различных производств. Математическое моделирование позволяет повысить качество производимой продукции [2]. Для здорового питания населения необходимо производство экологически чистых и влагостойких упаковок для пищи. В данной работе разработана модель производства одного из таких материалов для упаковок – пенополистирола.

Технологический процесс производства упаковок из пенополистирола можно представить в виде блок-схемы на (рисунке 1) [5].

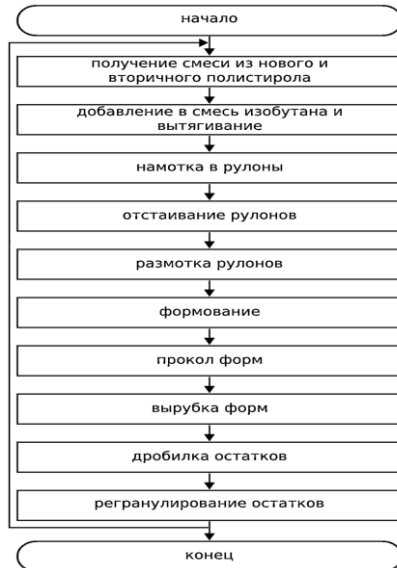


Рис. 1 Блок-схема технологического процесса производства упаковок из пенополистирола

На основе формул из [3, 4] получим формулу толщины полотна и формулу натяжения полотна.

$$h(t) = \frac{Q(t)}{v(t) \cdot B}, \quad (1)$$

где  $h(t)$  – толщина полотна, м;  $Q$  – объёмный расход вещества, м<sup>3</sup>/с;  $v$  – скорость потока, м/с;  $B$  – ширина полотна, м.

$$F(t) = \int_0^t k \left( \frac{Q(t)}{h(t) \cdot B} - v_H(t) \right) dt, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент упругости, Н/м.

Используя формулы (1) и (2), строится многомерная компьютерная модель в программном обеспечении Matlab Simulink (рисунок 2).

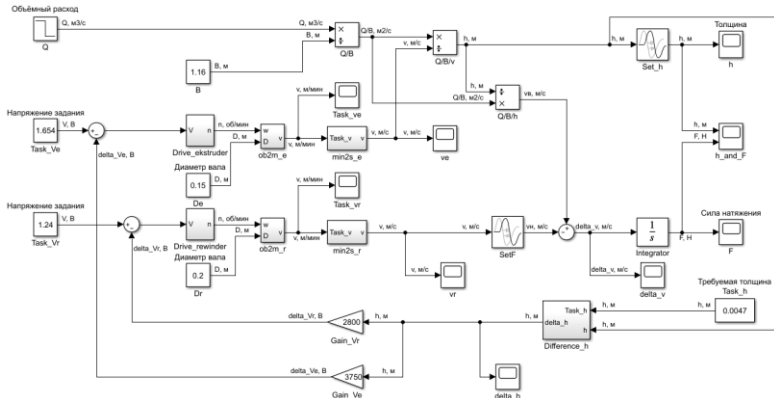


Рис. 2 Многомерная компьютерная модель зоны формирования полотна полистирола в программном обеспечении Matlab Simulink

Для реализации были использованы блоки Constant, Sum, Divide, Step, Transfer Fcn, Transport Delay, Gain [1]. Задаётся расход вещества  $Q = 0.00085$  м<sup>3</sup>/с; ширина полотна  $B = 1.16$  м; диаметр вала намотчика  $D = 0.2$  м; диаметр вала экструдера  $D = 0.15$  м; задания на приводы, чтобы получить скорость натяжения  $v = 9.3$  м/мин.

Результаты моделирования можно посмотреть на графиках изменение толщины и изменение натяжения полотна полистирола (рисунок 3-4).

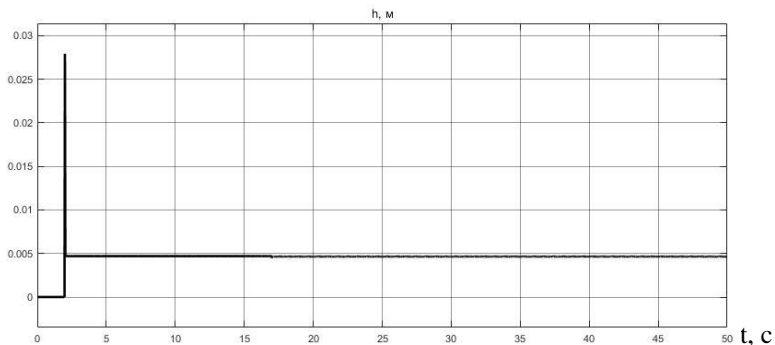


Рис. 3 Изменение толщины полотна полистирола во времени

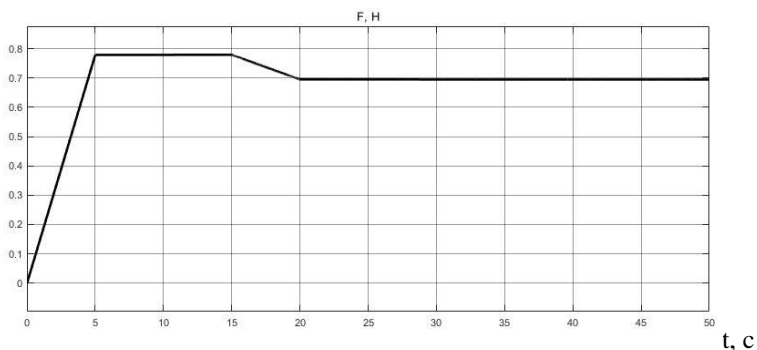


Рис. 4 Изменение натяжения полотна полистирола во времени

По (рисунок 3) можно сказать, что первые 2 секунды происходит установление толщины полотна до 0.0047 м. По рисунку 4 можно сказать, что первые 5 секунд происходит натяжение полотна до 0.78 Н. При изменении скорости также изменяется натяжение.

Для реализации шкафов управления необходимы измерительные устройства с коммуникационными выходами для организации отображения величин, полученных в математической модели, в интерфейсе оператора. Были выбраны следующие измерительные устройства:

- счётчик Autonics CT6Y-1P4T,
- счётчик импульсов Autonics MP5Y-45,
- лазерный датчик расстояния Wenglor OY2TA403AT235.

Для полноценного интерфейса оператора в MasterSCADA 4D также необходимы измерительные устройства для получения величин о состоянии экструдеров:

- регулятор температуры Hanyoung NUX NX3,
- мультиметр Autonics Multi Panel Meter MT4Y Series,
- регулятор температуры Hanyoung NUX NX4.

Для работоспособности выбранных панелей необходимо выбрать измерительные элементы:

- индуктивный бесконтактный датчик СЕНСОР ВБИ-M12-39В-2111-Л,
- термопара Wire Probe GTF 300.

На основе выбранных устройств в программном обеспечении AutoCAD Electrical была построена схема соединения устройств.

В программном обеспечении MasterSCADA 4D был построен алгоритм управления (рисунок 5).

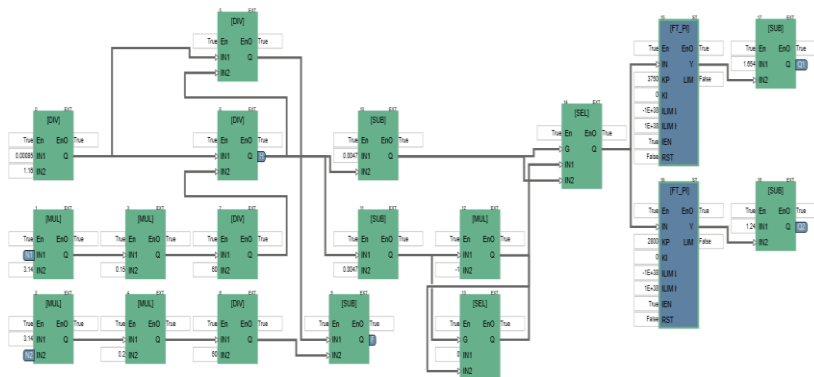


Рис. 5 Алгоритм управления в программном обеспечении MasterSCADA 4D

Также в программном обеспечении MasterSCADA 4D был разработан интерфейс оператора.

На (рисунке 6) представлена панель визуализации для управления линией протягивания.



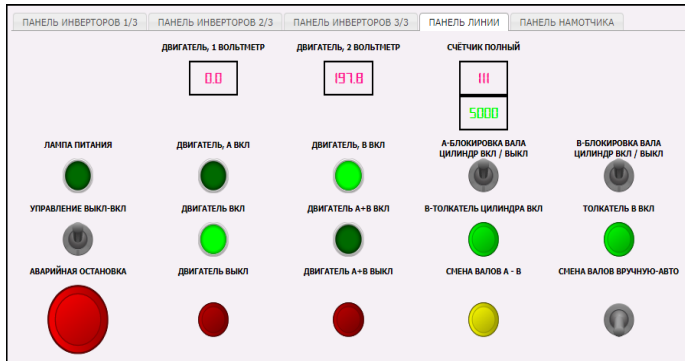


Рис. 6 Внешний вид панели визуализации для управления линией протягивания в программном обеспечении MasterSCADA 4D

На (рисунке 7) представлена панель визуализации для управления намотчиком.

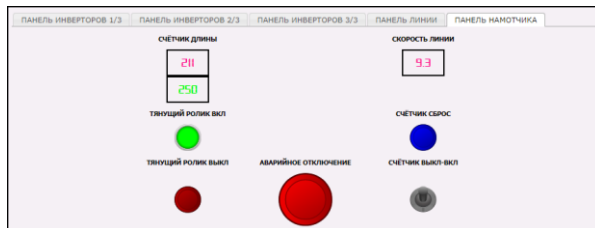


Рис. 7 Внешний вид панели визуализации для управления намотчиком в программном обеспечении MasterSCADA 4D

В связи с актуальностью в современных условиях задач производства экологически чистых и влагостойких упаковок для пицци был изучен технологический процесс вытягивания полистирола, разработана многомерная компьютерная модель зоны формирования полотна полистирола в программном обеспечении Matlab Simulink. Получены графики изменение толщины и изменение натяжения полотна полистирола. Был выполнен подбор оборудования для технологической линии и для связи технологической линии с интерфейсом оператора. В программном обеспечении AutoCAD Electrical была построена схема соединения устройств. А также разработан алгоритм управления и интерфейс оператора в программном обеспечении MasterSCADA 4D.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2008. 784 с.

2. Рубанов В.Г., Рыбин И.А., Сильченко С.А., Рыбина А.В. Моделирование системы управления режимами токарной обработки с учетом изменения температуры в зоне резания // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2020. №3/4. С. 50-63.

3. Сильченко С.А., Рыбин И.А. Модель вытягивания полотна в производстве упаковок из пенополистирола / XIII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород, 11-12 октября 2021 г.), Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 1810-1815.

4. Сильченко С.А., Рыбин И.А. Разработка многомерной модели зоны формирования полотна полистирола / Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород, 24-26 мая 2021 г.), Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 3430-3434.

5. Сулягин В.М., Ляпков А.А. Основы проектирования и оборудование производств полимеров: учеб. пособие. Томск: ТПУ, 2005. 392 с.

*УДК 347.235.11*

*Сойникова К.С.*

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

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В связи с вовлечением в цикл большого числа новых объектов и земли, резко повышается, интерес к информации о природных источниках и правах на них. Участникам сделок с недвижимостью

нужно конкретно: знать правовой режим земельного участка, присутствие прав, целевое предназначение земли. Эта информация обязана быть собрана по итогам особой регистрации в соответствующих банках данных — кадастрах.

База данных — это упорядоченная совокупность данных, предназначенных для хранения, накопления и обработки с помощью ЭВМ. Для создания и ведения базы данных (обновления, обеспечения доступа к информации по запросам и выдача ее пользователю) используется набор языковых и программных средств, называемый системой управления базы данных [3].

Кадастровые данные, содержат официальную юридическую документацию, касающуюся числа, размеров, местоположения, стоимости, владения и права собственности на отдельные земельные участки.

ГИС — технология является главным инструментом для производства востребованных и легкодоступных карт, применения информации из баз данных и автоматизации рабочих процессов предприятия в области управления кадастром [1].

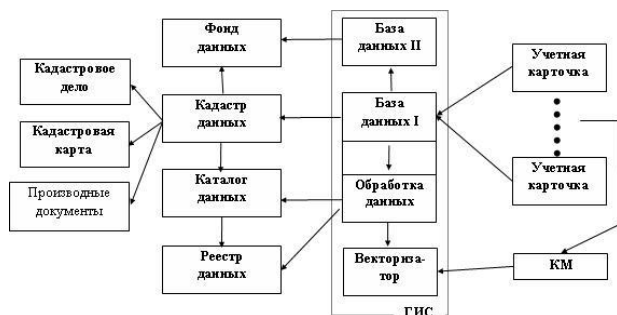


Рис. 1 Геоинформационные системы земельного кадастра

Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) — это федеральная информационная система, в которую вносятся сведения о всех объектах недвижимости на территории РФ и их собственниках. Это крупнейшая электронная база данных, позволяющая гражданам, организациям и органам власти оперативно получать информацию об основных характеристиках жилья, нежилых помещений и земельных участков.

За актуализацию сведений в ЕГРН отвечает Росреестр (Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии).

Регистрацию данных об объектах и субъектах собственности, владения, пользования и аренды земли, целевом назначении земельных участков, режиме их использования и внесении изменений в земельно-кадастровую документацию осуществляют районные (городские) комитеты по земельным ресурсам и землеустройству.

Земельная служба РФ, края, области, автономного образования, осуществляет координацию деятельности районных земельных служб, обобщает их отчеты о наличии и количественном состоянии земельных ресурсов и ежегодно, не позднее 1 марта, представляет в земельную службу Российской Федерации отчет о наличии и использовании земель региона.

На земельную службу Российской Федерации возложена обязанность систематизации, изучения и хранения данных о земле, а также издания подлежащих опубликованию материалов ЕГРН и передачи сведений в заинтересованные министерства и ведомства [2].

Предметом изучения системы земельного кадастра и создания баз и банков данных является природно-техногенный комплекс объектов и объектов хозяйства, связанных с жизнедеятельностью области определенного регионального уровня.

Использование банка (базы) земельно-кадастровых данных является информационное обеспечение корректного планирования и управления регионом, финансовой и инвестиционной политики, разумного применения земель и землеустройства, контроля и охраной земель.

Многовариантность информационного обеспечения системы порождает различные подходы к образованию банков и баз кадастровых данных [4].

В настоящее время в современном мире электронных технологий практически невозможно представить компанию, в которой не требуется обработка объёма информации. Информацию требуется, где-то хранить, она может изменяться. Регулярно требуется выборка данных по определённым критериям из всех данных.

Базы данных создаются как раз для хранения, расчета, сортировки, обработки, выборки и представления любых данных по выбранным критериям.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Варламов А.А. Земельный кадастр. Том 1. Теоретические основы государственного земельного кадастра. — М.: КолосС, 2004. — с. 383

2. Коротеева Л.И. Земельно-кадастровые работы. Технология и организация. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006.

3. Хабарова И.А., Хабаров Д.А., Попова О.О., Кожевников В.А. Цифровизация процесса осуществления кадастрового учёта//Вектор ГеоНаук.2019. Т.2 №3. С 55-57.

4. Ширина Н.В., Горобенко А.В., Кононов А.А. О проведении эксперимента по созданию и внедрению единого информационного ресурса о земле и недвижимости в РФ//Вектор ГеоНаук. 2022. Т.5. №1. С 25-26.

5. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. URL:<https://www.vedu.ru/bigencdic/> (дата обращения: 14.05.2022)

6. Земельно-кадастровые технологии [Электронный ресурс]. URL: <https://works.doklad.ru/view/trnwZbAgXWA.html> (дата обращения: 13.05.2022)

7. Единый государственный реестр недвижимости [Электронный ресурс] <https://xn--h1alcedd.xn--d1aqf.xn--p1ai/instructions/vyipiska-egrn-kak-rasshifrovyvaetsya-i-dlya-chego-ona-nuzhna/> (дата обращения: 14.05.22)

**УДК 699.8**

**Сырых А.А.**

**Научный руководитель: Ванькова Т.Е., ст. преп.**

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

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Автоматизация – это направление дальнейшего развития, которое включает в себя повышение эффективности производственных процессов. При таком условии процесс производства не будет зависеть от физических и умственных способностей человека, помимо этого он будет освобожден от монотонной работы. Главным во всем этом является факт того, что автоматизация позволяет внедрять в управление самые передовые методы работы. Таким образом, можем сделать вывод, что будет повышен и поддерживаться постоянный уровень эффективности работы машин и их производительность. Можем заметить, что снизится риск поломки машин от человеческого фактора, что является немало важным фактором. Увеличится время работы производства, так как машине нужно намного меньше времени на «отдых», чем человеку.

По данным Минтранса на данный момент в РФ нет ни одной трассы или дорожного участка, оснащённых системой мониторинга состояния дорожного покрытия, с системой быстрого оповещения эксплуатирующей организации или контролирующих органов. Поэтому создаются проекты цифровизации использования дорог, т.е. автоматизированное управление транспортными потоками и мониторинг дорожного движения в реальном времени. С помощью таких технологий контролерам или же самим водителям было бы удобнее и быстрее принимать меры по ситуации, например, снизить скорость на ремонтных или проблемных участках дороги. [1]

Реконструкция дорог с помощью 3D-технологий.

Оборудование с использованием 3D-технологий устойчиво заняло свое место в органах землеройной техники, так как оно подтвердило свою эффективность и надежность. Поэтому в таком направлении стали развиваться дорожники, которые занимаются укладкой асфальта и ремонтом дороги. Современные приборы для сбора данных имеют только цифровую основу. Уже появились роботизированные тахеометры, дроны, спутниковое оборудование.

Таким образом, работы, связанные с дорожным полотном можно разделить на 2 группы: укладка нового полотна и ремонт существующей поверхности. Поэтому подход к применению 3D систем будет отличаться.

На первом этапе проводятся изыскания при помощи лабораторий, которая состоит из лазерного сканера, видеокамер, ГЛОНАСС или GPS приемников и профилометра. [2] Даная лаборатория позволяет сканировать дороги с привязкой к фотографиям и получать координаты машины в пространстве одновременно. По итогу у нас получается представление дорожного полотна в виде точек. По анализу полученных данных разрабатывается цифровой проект ремонта дорог, который может быть использован для фрезерования.

На втором этапе чаще всего используются программные комплексы. Например, CREDO Дороги могут работать с данными, представленными в виде области точек, которые были получены на 1 этапе. В итоге на 2 этапе получается карта фрезерования. Также получаем цифровую модель проектной поверхности для работы с Leica PaveSmart. Для этой программы информация представляется в виде полилиний, которые описывают характерные линии дороги.

Третий этап представляет собой передачу проекта на участок. Передача проходит при помощи облачного сервиса, например, iCON Telematics – это облачный сервис (работающий через интернет, и хранящий все данные в Интернете), так как он позволяет удаленно

загружать проект на ботовой компьютер, а также можно контролировать объем выполненных работ, местонахождение техники. [3]

Четвертый этап работы состоит в том, что нужно управлять машиной для того, чтобы удерживать ее на заданной высоте и корректировать угол наклона. [4]

Можем сделать вывод, что 3D системы объединяют в себе не только этап разбивки, но и уменьшают процесс промежуточного контроля и сопровождения строительных работ, тем самым увеличивая производительность в несколько раз. На данный момент, без 3D систем невозможно держать необходимый темп строительства, четко соответствовать поставленной задаче, а, следовательно, и качеству выполнения работы. Поэтому производители стремятся создать удобную и эффективную программу для работы с дорожным полотном в реальном времени.

Сейчас автоматизация присутствует в каждой области строительства, дорожная отрасль не исключение. Автоматизация дорожного строительства как можно быстрее стала развиваться, так как замена человеческого труда на машинной является экономически верным решением, помимо этого почти исключается вероятность ошибки, повышая уровень качества дорожного покрытия. [5]

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гришина Н., Завтур А. Автоматизация дорожного строительства. Опыт компании КРОК в BIM-технологиях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2016 №5–6

2. Кононыхин, Б.Д. Лазерные системы управления машинами дорожного строительства / Б.Д. Кононыхин. – М.: Машиностроение, 2018. – 118 с.

3. Воробьев В.А., Колбасин А.М. Автоматизация приготовления бетонных смесей и изготовления железобетонных изделий и конструкций – М.: Изд-во Российской инженерной академии, 2016. – 660 с.

4. Гаврилов, К.Л. Дорожно-строительные машины иностранного и отечественного производства: устройство, диагностика и ремонт / К.Л. Гаврилов, Н.А. Забара. – М.: Майор, Издатель А.И. Осипенко, 2017. – 271 с.

5. Богомолов А. А. Качественный асфальтобетон - это качественные дороги / А. А. Богомолов, А. С. Корнеев //

Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): сб. докл. междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 11-12 окт. 2011 г. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. - Ч. 1. - С. 86-90

*УДК 159.9.019.2*

*Тараканова А.Е*

*Научный руководитель: Федотов Е.А., ст. преп.*

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

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ МЕДИЦИНЫ**

В наши дни информационные системы затронули множество сфер жизни человека. Одна из важнейших для развития является медицинская сфера. Люди с самых давних пор развивали медицину и пытались упростить обучение по этой деятельности. Искали множество вариантов того, как безопасно, быстро и качественно подготовить специалистов медицины. На помощь в настоящее время приходят сетевые технологии, позволяющие ускорить процесс изучения медицинского материала, а некоторые содействуют увеличению опыта по данному направлению.

Информационные технологии здравоохранения — это применение обработки информации, включающее как компьютерное оборудование, так и программное обеспечение, которое занимается хранением, поиском, обменом и использованием медицинской информации, данных и знаний для коммуникации и принятия решений. В настоящее время технология представляет собой компьютеры и коммуникационные атрибуты, которые могут быть объединены в сеть для создания систем передачи медицинской информации. Давайте кратко взглянем на предысторию информационных технологий в медицине.

Всемирное использование компьютерных технологий в медицине началось в начале 1950-х годов с появлением компьютеров. В 1949 году Густав Вагнер основал первую профессиональную организацию по информатике здравоохранения в Германии. Медицинская информатика, также называемая информационными системами здравоохранения, является дисциплиной на стыке информатики, информационных технологий и здравоохранения. Это касается ресурсов, устройств и методов, необходимых для оптимизации сбора, хранения, поиска и использования информации в здравоохранении и биомедицине.



Инструменты медицинской информатики включают компьютеры, клинические рекомендации, официальную медицинскую терминологию, а также информационно-коммуникационные системы. Он применяется в областях сестринского дела, клинической помощи, стоматологии, фармакологии, общественного здравоохранения, трудотерапии и (био) медицинских исследований.

Специализированные университетские кафедры и учебные программы по информатике появились в 1960-х годах во Франции, Германии, Бельгии и Нидерландах. Исследовательские подразделения по медицинской информатике начали появляться в 1970-х годах в Польше и в США. С тех пор развитие высококачественных исследований, образования и инфраструктуры в области медицинской информатики стало целью США, Европейского союза и многих развивающихся стран.

Использование ИТ в медицинском образовании.

С развитием информационных технологий произошли значительные изменения в медицинском образовании во всем мире. Изменения заключаются в том, что в наши дни большинство студентов-медиков владеют компьютерной грамотностью. Новая информация по медицинским темам легко доступна через Интернет и карманные компьютеры. Информационные технологии могут помочь медицинскому образованию различными способами, например, в сетях колледжей и во Всемирной сети Интернет. Компьютерное обучение, виртуальная реальность, симуляторы пациентов-людей — вот некоторые варианты. С помощью сетей колледжей и Интернета студенты-медики, а также преподаватели могут оставаться на связи, даже когда они не в колледже или институте.

Быстрая связь может быть установлена с помощью электронной почты, а подробная информация о курсе, раздаточные материалы и отзывы могут быть легко распространены. В наши дни многие медицинские школы используют онлайн-программы для выделения и координации своих курсов. Такие программы обеспечивают быстрый доступ к информации и быструю обработку оценок и сообщений, а также позволяют всем преподавателям, оценщикам и учащимся на любом сайте взглянуть на учебный контекст их собственного конкретного вклада. Аналогичным образом, Интернет предоставляет возможности для получения актуальной информации о различных аспектах здоровья и болезней и для обсуждения с коллегами на разных континентах посредством сетевых конференций. Бесплатный доступ к сайтам медицинских систем, различным медицинским журналам,

онлайн-учебникам и новейшей информации о новых разработках в медицине также способствует обучению и исследованиям.

Компьютерное обучение считается приятным средством обучения и очень подходит для концептуально сложных тем. Широко используются интерактивные цифровые материалы для изучения гистопатологии, анатомии и тонов сердца. Разработка анатомических трехмерных атласов различных внутренних органов с использованием компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии очень наглядна и помогает студентам четко понять предмет.

Еще одна разработка - симуляторы "Advanced Life Support" (ACLS) и тактильные симуляторы "наука прикосновения" используются в медицинском образовании для развития различных клинических навыков, таких как интерпретация ЭКГ, соответствующее вмешательство, такое как лекарства, инъекции, дефибриляция, не работая с реальным пациентом. В наши дни в передовых медицинских школах доступны высокоразвитые симуляторы "виртуальной реальности" с высокоразвитыми технологиями медицинского моделирования и медицинскими базами данных, которые знакомят студентов-медиков с широким спектром сложных медицинских ситуаций. Он может имитировать различные клинические процедуры, такие как катетеризация, лапароскопия, бронхоскопия и т.д. Благодаря новой технологии студенты могут виртуально проникнуть внутрь каждого органа и увидеть, как они на самом деле выглядят как снаружи, так и изнутри.

Таким образом, информационные технологии помогают всем работникам медицинской сферы и способствуют развитию данной деятельности. За развитием информационных технологий стоит огромное будущее, которое изменит подход к обучению медицинских специалистов, поможет значительно упростить их работу и ускорить время на диагностику и лечение каждого пациента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гореткина Е., PCWeek. Российское здравоохранение на очередном этапе информатизации // <http://d-russia.ru/rossijskoe-zdravoohranenie-na-ocherednom-etape-informatizacii.html>

2. Информатизация здравоохранения и некоторые проблемы построения интегрированных медицинских информационных систем // <http://jre.cplire.ru/win/sep11/2/text.html> Любищев А.А. Такая добровольная каторга

3. Попов И. И. Информационные ресурсы и системы: реализация, моделирование, управление. М.: ТПК «Альянс», 2011. -408 с.

4. Каюмова, Д. Д. Развитие информационной системы здравоохранения / Д. Д. Каюмова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 3 (241). — С. 119-121. — URL: <https://moluch.ru/archive/241/55677/> (дата обращения: 15.05.2022).

5. Гарибов А. И. Разработка системы мониторинга данных о компьютерах корпоративной сети предприятия на основе мультиагентных систем / Гарибов А. И., Бондаренко Т. В., Федотов Е.А. // II Научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы моделирования, проектирования и разработки программных средств». [Электронный ресурс] / Российская академия естествознания. Москва, 2015. - Режим доступа: <http://econf.rae.ru/article/9030>

*УДК 159.9.019.2*

*Тараканова Е.Е.*

*Научный руководитель: Федотов Е.А., ст. преп.*

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

## **РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ**

Банковская среда сегодня стала высококонкурентной. Чтобы иметь возможность выживать и расти в меняющейся рыночной среде, банки используют новейшие технологии, которые воспринимаются как "стимулирующий ресурс", который может помочь в развитии обучаемой и более гибкой структуры, способной быстро реагировать на динамику быстро меняющегося рыночного сценария. Это также рассматривается как инструмент снижения затрат и эффективной коммуникации с людьми и учреждениями, связанными с банковским бизнесом.

Программные пакеты для банковских приложений появились в середине 80-х годов, когда банки начали ограниченную компьютеризацию отделений. Начало 90-х годов ознаменовалось резким падением цен на оборудование и появлением дешевых и недорогих, но мощных ПК и сервисов, и банки начали использовать так называемые пакеты Total Branch Automation (ТВА). Середина и конец 90-х годов стали свидетелями урагана финансовых реформ, дерегулирования, глобализации и т.д. в сочетании с быстрой

революцией в коммуникационных технологиях и эволюцией новой концепции конвергенции коммуникационных технологий, таких как Интернет, мобильные / сотовые телефоны и т.д. Технологии постоянно играют важную роль в работе банковских учреждений и предоставляемых ими услугах. Хранение государственных денег, перевод денег, выдача векселей, изучение инвестиционных возможностей и кредитование векселей, изучение предоставляемых инвестиций.

Информационные технологии (ИТ) позволяют разрабатывать сложные продукты, улучшать рыночную инфраструктуру, внедрять надежные методы контроля рисков и помогают финансовым посредникам выходить на географически удаленные и диверсифицированные рынки. Интернет значительно повлиял на каналы доставки банков. Интернет превратился в важное средство предоставления банковских продуктов и услуг.

Клиенты могут просматривать счета, получать выписки со счетов, переводить средства и приобретать чеки, просто нажав несколько клавиш. Смарт-карты, то есть карты с микропроцессорным чипом, добавили новое измерение в сценарий. Введение "Кибер-наличных" обмен наличных происходит исключительно через "Кибер-книги". Сбор счетов за электричество и телефонные счета стал простым делом. Возможность обновления и гибкость интернет-технологий предоставляют банкам беспрецедентные возможности для общения со своими клиентами. Без сомнения, банковские услуги претерпели кардинальные изменения, и поэтому ожидания клиентов от банков еще больше возросли.

ИТ-отдел все больше превращается из функции бэк-офиса в главного помощника в повышении стоимости банка с течением времени. Это достигается за счет максимального использования банками активных мер, таких как укрепление и стандартизация инфраструктуры банков в отношении безопасности, связи и сетей, обеспечение межотраслевой связи, переход к среде валовых расчетов в реальном времени (RTGS), прогнозирование ликвидности путем создания баз данных в реальном времени, использование распознавания символов с помощью магнитных чернил и визуализации технология для оплаты чеков и это лишь некоторые из них.

Ключевым фактором, стимулирующим взимание платы, в значительной степени стало растущее развитие технологий и растущая популярность Интернета. Переход от традиционного банковского обслуживания к электронному банковскому обслуживанию меняет ожидания клиентов.

Электронный банкинг дебютировал в Великобритании и США в 1920-х годах. Он становится особенно популярным в 1960 году благодаря электронным переводам денежных средств и кредитным картам. Концепция веб-выпечки появилась в Европе и США в начале 1980-х годов.

Традиционной моделью роста была банковская деятельность в филиалах. Только в начале 1990-х годов наметился рост неотраслевых банковских услуг. Новым банкам частного сектора и иностранным банкам мешает отсутствие развитой филиальной сети по сравнению с банками государственного сектора. В отсутствие таких сетей на рынке появилось множество инновационных услуг, предоставляемых этими игроками с помощью стратегий прямой дистрибуции без филиальной доставки. Все эти банки используют домашний банкинг в качестве ключевого фактора "притяжения", чтобы увести клиентов из банков государственного сектора с хорошей репутацией.

Многие банки модернизировали свои услуги с помощью компьютерного и электронного оборудования. Революция в области электроники позволила обеспечить простоту и гибкость банковских операций в интересах клиента. Электронный банкинг заставил клиента попрощаться с огромными реестрами счетов и большими бумажными банковскими счетами. Электронные банки, которые могут называться easy bank, в настоящее время предлагают своим клиентам следующие услуги:

- Кредитные Карты/Дебетовые Карты
- Банкомат
- Электронные Чеки
- EFT (Электронный перевод денежных Средств)
- Счета DeMAT
- Мобильный Банкинг
- Телефонный банкинг
- Интернет-Банкинг
- EDI (Электронный обмен данными).

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Эскиндаров М.А., Соловьев В.И., ред. Парадигмы цифровой экономики: Технологии искусственного интеллекта в финансах и финтехе. М.: Когито-Центр; 2019. 325 с. Claessens S., Frost J., Turner G., Zhu F. Fintech credit markets around the world: size, drivers and policy issues. BIS Quarterly Review. 2018;(Sept.):29–49. URL: [https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r\\_qt1809e.pdf](https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1809e.pdf)

2. Barba Navaretti G., Calzolari G., Franco Pozzolo A. FinTech and banks: Friends or foes? *European Economy: Banks, Regulation, and the Real Sector*. 2017;3(2):9–30. URL: [http://european-economy.eu/wp-content/uploads/2018/01/EE\\_2.2017-2.pdf](http://european-economy.eu/wp-content/uploads/2018/01/EE_2.2017-2.pdf)

3. Белозеров С., Соколовская Е., Ким Ю. Финтех как фактор трансформации глобальных финансовых рынков. Форсайт. 2020;14(2):23–35. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.2.23.35

4. Зубок С. Финтех-акселерация как способ внедрения инновационных решений и сервисов в банковскую деятельность. 2020;(9):28–37. URL: <https://www.nbrb.by/bv/articles/10787.pdf>

5. Гарибов А. И. Разработка системы мониторинга данных о компьютерах корпоративной сети предприятия на основе мультиагентных систем / Гарибов А. И., Бондаренко Т. В., Федотов Е.А. // II Научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы моделирования, проектирования и разработки программных средств». [Электронный ресурс] / Российская академия естествознания. Москва, 2015. - Режим доступа: <http://econf.rae.ru/article/9030>

**УДК 658.5.011**

**Ткач В.А., Чеботаева А.А.**

**Научный руководитель: Мясоедов Р.А., ст. преп.**

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Системы поддержки принятия решений (СППР) — это компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям в принятии решений в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР предоставляет информацию (в печатном виде, или на экране монитора, или с помощью звука) на основе входных данных, помогая ЛПР быстро и точно оценить ситуацию и принять решение [8]. С 1970-х годов исследователи сосредоточились на разработке решений на основе компьютерных технологий, которые могут быть использованы для поддержки принятия сложных решений и решения проблем.

Область информационных систем и технологий значительно эволюционировала за последние десятилетия. В настоящее время

тенденция к развитию бизнес-аналитики (BI) является одной из ключевых движущих сил новых разработок в области технологий СППР [7]. В целом, СППР — это интерактивная компьютерная информационная система, которая решает проблему отсутствия структур и может помочь лицам, принимающим решения, использовать данные и модели для решения определенных задач.

Процесс определяется как несколько альтернатив в качестве возможных решений для существующей плохо структурированной проблемы. В данном случае цель состоит не в том, чтобы определить как можно больше альтернатив, а в том, чтобы выбрать ту, которая наилучшим образом соответствует целям, задачам и ценностям. Сам процесс принятия решений проходит через несколько этапов.

Этап 1 направлен на то, чтобы выразить проблему в заявлении, описывающем начальные и желаемые условия. Вторая часть этого шага заключается в определении требований для получения списка абсолютных требований и целей. Требования определяют, как действует решение проблемы.

Этап 2. Альтернативная генерация, касается создания возможных альтернативных решений для неопределенностей в процессе принятия решений. Одним из ключевых аспектов является то, что альтернативы должны соответствовать установленным требованиям. Эта фаза процесса принятия решений также называется «Фазой разведки», которая состоит из поиска, определения и формулирования проблемы или ситуации. В нем дается обзор текущего состояния выявленной проблемы. Результатом этапа разведки должно быть заявление о принятии решения.

Этапы 3 и 4. Разработка модели и альтернативный анализ: после генерации альтернативы и выбора подходящего решения следующим шагом является разработка модели. Модели разрабатываются для анализа различных альтернатив, одновременно должны быть определены критерии для измерения эффективности альтернативы. Наилучшей моделью для сравнения альтернатив является та, которая позволит быстрее достичь выбранных целей и критериев. Как только модель будет разработана, следующим шагом будет анализ альтернатив, который завершает оценку альтернатив в соответствии с критериями. Далее происходит выбор инструмента принятия решений.

СППР состоит из нескольких основных компонентов. Система управления базами данных (СУБД) — это программный пакет, который отвечает за доступ к данным, а также обрабатывает и управляет внутренними и внешними хранящимися данными в базах данных. Система управления моделями (MBMS) использует различные виды

математических и аналитических моделей или симуляций для представления и анализа сложных данных. Далее используется компонент пользовательского интерфейса, который обрабатывает взаимодействие пользователя с системой

СППР использует алгебраические аналитические, финансовые, оптимизационные и имитационные модели для поддержки принятия решений. Система поддержки принятия решений предназначена для манипулирования параметрами модели пользователем и для поддержки лиц, принимающих решения, при анализе данной ситуации [5].

Для СППР, основанных на моделях, нет необходимости в больших базах данных. Основными компонентами архитектуры СППР являются одна или несколько количественных моделей, которые обеспечивают функциональность системы [3]. Аналитические инструменты, основанные на алгебраических моделях, выделяют элементарный уровень функциональности.

В системе поддержки принятия решений модели представляют собой упрощение реальности. Модели анализа решений относятся к статистическим инструментам и методам, таким как: аналитическая иерархия, анализ дерева решений, многокритериальный анализ решений и вероятностное прогнозирование.

Целью анализа решений является выявление наиболее благоприятной альтернативы в конкретной ситуации. Оптимизационные модели, интегрированные в СППР, были разработаны во многих средах. Особенно в области управления производством и операциями, а также в управлении цепочками поставок [6].

Сегодня доступны различные модели поддержки принятия решений для различных уровней цепочки поставок, включая производство, планирование и составление графиков, управление спросом и планирование логистики.

СППР, которая управляет данными, обеспечивает доступ к структурированным данным, может управлять ими и обрабатывать временные ряды как внутренних, так и внешних данных компании.

Такие СППР разделены по функциональности. В то время как простые файловые системы, доступ к которым осуществляется с помощью запросов и поиска, обеспечивают элементарный уровень функциональности, системы управленческой отчетности, такие как «Хранилища данных» или «Исполнительные информационные системы (EIS)», которые позволяют манипулировать данными с помощью компьютеризированных инструментов, обеспечивают более обширную функциональность [4].



Другими примерами СППР, управляющая данными, являются системы бизнес-аналитики или интерактивная аналитическая обработка (OLAP), которые обеспечивают бесперебойный режим работы и поддержку принятия решений. Системы бизнес-аналитики помогают организациям принимать решения, используя технологии для отчетности и доступа к данным. Решения, принятые для оптимизации и достижения наибольшей результативности производства, переходят от стратегического уровня к тактическому и оперативному планированию и контролю производства. Оптимизируя данные решения с помощью систем бизнес – аналитики и СППР, основанных на знаниях в области управления производством, можно максимально повысить эффективность производства [2].

В целом, BI-системы помогают формулировать решения путем запуска, обработки и анализа данных или информации, хранящихся в базах данных [7].

Основная цель бизнес-аналитики и аналитики систем заключается в повышении качества информации, которая доступна для принятия решений, вызванных улучшением обработки данных. В этом случае ключевыми требованиями типичной СППР, управляемой данными, являются доступ к большому объему данных и, в то же время, высокое качество исходных данных [1].

Успех СППР всегда зависит от доступа к точным, хорошо структурированным и организованным данным. Если эти требования не будут выполнены, СППР, управляемая данными, не будет работать эффективно.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. BI – система [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> / Статья: Business Intelligence\_(BI)

2. Информационное обеспечение системы управления конкурентоспособности предприятия в условиях цифровой экономики: монография / Е.А. Никитина, Ю.И. Селиверстов, Е.И. Назаренко, И.В. Щеглинина – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 81 с.

3. Классификация СППР [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> / Статья: Система поддержки принятия решений (СППР, Decision Support Systems, DSS)

4. Преимущества внедрения информационной системы в сферу управления. / Хлебенских Л.В., Зубкова М.А. – Символ науки: международный научный журнал, 2019. – №4.

5. Селивёрстов Ю.И., Ватулин А.Е. Исследование факторов и методов активизации инновационных процессов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 267-273.

6. Селивёрстов Ю.И. Возможности применения цифровых технологий в финансовом секторе // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. – 2019. – № 4 (96)

7. Системы бизнес – аналитики [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Business Intelligence](https://ru.wikipedia.org/wiki/Business_Intelligence)

8. Система поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система поддержки принятия решений](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_поддержки_принятия_решений)

*УДК 62-52*

*Трезуб О.С., Ратушный Н.Г.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.*

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

## **РОБОТИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

Процент открытого способа разработки в мировой горной промышленности составляет порядка 73% общих объемов от добычи. В России подобным методом добывается порядка 90% железных руд, свыше 70% руд цветных металлов, примерно 60% угля. В связи с увеличением глубины карьеров доля финансовых затрат на все виды транспорта доходит приблизительно до 55–60% себестоимости в общей добычи полезного ископаемого. На ряду с этим происходит расширение масштабов проведения открытых горных работ (таблица 1.) [3].

Таблица 1 – Карьеры мира

Название	Местоположение	Глубина, ~ м	Размер (диаметр), км·км	Добываемое полезное ископаемое
Bingham- Canyon	США	1200	4,3·3	Медь, золото, серебро, молибден
Лебединский ГОК	Россия	470	5·3,5	Железная руда

Super Pit	Австралия	570	3,5·1,5	Золото
Алмазный карьер Кимберли	ЮАР	250	1,6	Алмазы
Алмазный карьер Дьявик	Канада	500	0,86	Алмазы
Махонинг Майн	США	180	8·3	Железная руда
Грасберг	Индонезия	550	2,8	Золото, медь
Чукикамата	Чили	850	4,3·2,8	Медь, золото, серебро
Эскондида	Чили	645	4,0·2,4	Медь, золото, серебро

Ввиду этого растет потребность в повышении эффективности проводимых горных работ, которая, в свою очередь, зависит не только от использования передового горнодобывающего и транспортного оборудования, но и от способов ускорения разработки и внедрения систем автоматизированного управления.

Автоматизированная система управления - человеко-машинная система, которая способна обеспечивать автоматический сбор и обработку информации, которая в свою очередь необходима для организации управления в различных сферах человеческой деятельности [4]. Использование таких систем управления допускает возможность полностью автоматизировать многие технологические процессы производства, управленческие решения при этом принимаются на основе информации из единой базы данных предприятия с обязательным учетом и соблюдением требований безопасности горных работ и природоохранных нормативов [2].

Технологии проведения открытых горных состоит из следующих этапов:

- подготовка пород к их экскавации;
- выемочно-погрузочные работы;
- транспортировка горной массы;
- разгрузка и складирование горной массы

На данное время в сфере автоматизации управления горнотранспортными комплексами работают ряд российских и зарубежных фирм: «ВИСТ ГРУПП» (VIST GROUP), АО «СОЮЗТЕХНОКОМ», АО «Нефтеавтоматика», ЗАО «Эмикон», ООО

«Промышленная Автоматизация», «Modular» (США), «Komatsu» (Япония), «Wenco» (Канада), «Micromine» (Австралия), «Built Robotics» (Калифорния), Leica Geosystems Mining, (Австралия), «Caterpillar» (США), «Hitachi» (Япония).

Современные зарубежные системы основаны на использовании спутниковой навигации. Объектом управления являются горнотранспортные комплексы, представляющие собой важную часть общей технологической системы карьера. В таком случае ГТК включает в себя погрузочные средства (экскаваторы), транспортные (автосамосвалы, думпкары), вспомогательную (бульдозеры, ковшовые погрузчики) и дорожно-строительную технику (грейдеры, скреперы), карьерные дороги, отвалы вскрышных пород, склады полезного ископаемого. Это говорит о том, что в структуре ГТК можно выделить две основные части – мобильную и стационарную.

Модернизация существующих элементов АСУ, к которой относятся бортовые системы, системы передачи данных, позиционирования и навигации, программного обеспечения, главным образом зависит от степени роботизации.

В настоящее время на рынке уже существуют следующие автоматизированные технические средства, которые используются в горной промышленности: автосамосвалы, погрузочно-разгрузочная техника, буровые установки.

Роботизированные системы имеют ряд преимуществ при проведении открытых горных работ [1,5]. Ознакомимся с ними на примере самосвалов.

Повышение безопасности при добыче полезных ископаемых

Горные работы весьма травмоопасны. Вследствие однообразной работы водители устают и могут уснуть за рулем, что приводит к столкновению или съезду с дороги. Роботизация дает возможность самосвалам (рис.1) ориентироваться на дороге, вести отслеживание другого транспорта и следовать за ними на оптимальном расстоянии, видя при этом препятствия.



а) б)  
Рис.1 Внешний вид роботизированных самосвалов:  
а - Komatsu; б - Volvo

Движение каждого автоматизированного автосамосвала к локации погрузки или разгрузки достигается системой спутниковой навигации GPS. Применение радаров, ультразвуковых датчиков и опико-электронной системы обеспечивает точность позиционирования самосвала вплоть до 1 см.

DS-(система обнаружения столкновений): формирует «защитную оболочку», окружающую автомобиль. Когда границы цифровых пузырьков пересекаются -CDS подает сигнал предупреждения.

DS-(система обнаружения препятствий): при обнаружении препятствий система остановит самосвал с AHS.

ESB-(кнопка аварийного останова): эта система способствует остановке всех беспилотных машин, находящихся в эксплуатации и управляемых системой Front Runner. Центральный контроль, все автономные и пилотируемые транспортные средства в системе Front Runner оснащены системой ESB. Далее вся информация поступает в центральный компьютер диспетчерского типа. Компьютер направляет самосвал к определенному экскаватору. После того как самосвал загружен, он движется к заданной точке разгрузки.

Интересный факт состоит в том, что современная горнодобывающая промышленность по информационному обеспечению мало уступает космическим программам. К примеру, карьерный самосвал Caterpillar 797 имеет больше вычислительную мощность, чем была у первого космического челнока.

Исключение остановки техники

Роботизированные самосвалы исключают простои, которые связаны, к примеру, с заменой экипажа, перерывом на обед, перерывы на проветривание карьера после осуществления взрывов или иного обрушения горной породы. Такие самосвалы могут повторять маршрут

движения с точностью до нескольких сантиметров в течении рабочего цикла. Данный фактор позволяет уменьшить ширину технологических дорог или вовсе перейти к однополосной схеме движения, при условии создания «карманов», для того чтобы самосвалы не сталкивались на своем маршруте.

В случае разработки месторождений в отдаленных регионах возникает проблема вовлечения квалифицированных кадров.

Основным недостатком систем автоматизации открытых горных работ является то, что робототехника пока не может ощущать окружение так, как делает это человек. Системы мониторинга могут не отследить некоторые начинающиеся неисправности, поскольку невозможно предусмотреть все алгоритмом.

На данный момент, в основном, проводится модернизация выпускаемой техники, активные работы ведутся по производству самосвалов, изначально спроектированных как беспилотные. К примеру, новые модели самосвалов Komatsu с грузоподъемностью 300 т и более разрабатываются с возможностью переоборудования в автономный вариант.

Правительством Российской Федерации разработана программа – «Национальная технологическая инициатива». На горных предприятиях России и стран СНГ с 1999 г. внедряется система оперативно-диспетчерского управления горнотранспортного комплекса «Карьер», которая разработана совместно ПАО «БелАЗ» и компанией «ВистГрупп». На основе данной системы разрабатывается более современная автоматизированная система управления «Интеллектуальный карьер», которая должна существенно повысить уровень безопасности проведения горных работ, а также увеличить их производительность.

Таким образом, роботизация является важным шагом в развитии автоматизированных система управления при проведении открытых горных работ. Кроме того, роботизация обеспечивает значительное повышение безопасности людей при таких работах, как закладка взрывчатых веществ, перемещение под землей после добычи или разработку месторождений в местах, где люди не могут работать.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616344 Российская Федерация. Расчет токов в ветвях и баланс мощностей: № 2021615501: заявл. 13.04.2021: опубл. 20.04.2021 / Е. В. Жилин, Н. Ю. Саввин; заявитель федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – EDN DTQQPX.

2. Кротова С.Ю. Автоматизированные системы управления и оптимизации процессов в горнодобывающей промышленности // Управление инновациями: теория, методология, практика. 2013. № 4. С. 88-96.

3. Мельников Н.Н., Козырев А.А., Лукичѳв С.В. Большие глубины –новые технологии // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. – № 4. – С. 58–66.

4. Пучков Л. А., Федунец Н. И., Потресов Д. К. Автоматизированные системы управления в горнодобывающей промышленности: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1987, — 285 с.

5. Хазин М.Л. Роботизированная техника для добычи полезных ископаемых. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2020. Т. 18. № 1. С. 4-15.

**УДК 65.011.56**

**Ульбашев В.В.**

**Научный руководитель: Алексеевский С.В., асс.**

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

## **ПРОГРАММА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫМ МАКЕТОМ КРАНА В СРЕДЕ PROCESSING**

Processing по-прежнему является альтернативой проприетарным программным инструментам с ограниченными и дорогими лицензиями. Его бесплатный статус с открытым исходным кодом дает возможность доступного создания интерфейсов для управления различными мехатронными устройствами. Возможности Processing расширяются за счет библиотек и инструментов. Библиотеки позволяют скетчам делать что-то помимо основного кода Processing [1].

В связи с этим для решения задачи программно-интерфейсного управления лабораторным макетом крана была выбрана связка Processing и Arduino IDE [1,2,3]. В качестве управляющего устройства мобильной платформой выступает микроконтроллер ATmega2560 на базе Arduino Mega. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC, или аккумулятораной батареи.

Для связи сред Processing и Arduino был использован виртуальный последовательный порт. Порт называется «последовательным», так как информация через него передаётся по одному биту, последовательно бит за битом [4].

Для работы с последовательными портами (COM-портами) в выше рассматриваемых средах созданы похожие библиотеки Serial.

Библиотека Serial считывает и записывает данные на внешние устройства по одному байту за один раз, позволяет взаимодействовать с микроконтроллерами и использовать их в качестве источника/приемника входных или выходных данных для программ обработки. Основные функции для работы с последовательным портом приведены в (таблице 1).

Таблица 1 – Основные функции библиотек Serial Processing и Arduino

Read()	Чтение из последовательного порта
Write()	Запись в последовательный порт
Available()	Количество байт, доступных для чтения

Конечно, библиотеки Processing и Arduino имеют различия, как в количестве стандартных функций, так и в способе их реализации [5,6].

Интерфейс управления лабораторным макетом мостового крана был создан при помощи графической библиотеки ControlP5, что дает возможность строить графический пользовательский интерфейс без особых проблем и сложностей. Она включает такие графические объекты (контроллеры), как: кнопки, слайдеры, строки ввода текста, переключатели и т.д., которые могут быть легко интегрированы в текст программы Processing. Каждый контроллер имеет уникальное имя, которое даётся ему при создании. Значения в контроллерах можно менять в режиме реального времени, что очень удобно для управления какими-либо техническими процессами [7].

Интерфейс для управления лабораторным макетом мостового крана выглядит следующим образом (рисунок 1).



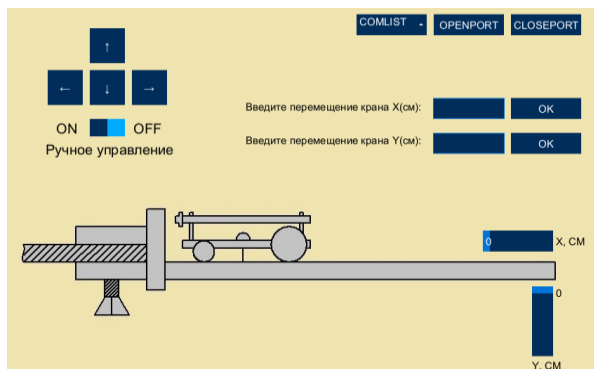


Рис. 1 Интерфейс управления лабораторным макетом мостового крана, построенный с помощью библиотеки ControlP5

Управление краном осуществляется через Serial по последовательному порту. При нажатии на кнопки программа со стороны Processing посылает микроконтроллеру команду на выполнение, а он, в свою очередь, расшифровывает и обрабатывает её.

Протокол передачи данных состоит из двух частей: буквенной части (ключа команды) и численной части (значение для команды). Посылка будет выглядеть следующим образом:

$$“x(y,u,d...)” + “17(1,10,234...)” = “x17” \quad (1)$$

Ключи команд, поддерживаемых протоколом связи приведены в таблице.

Таблица 2 – Ключи команд, поддерживаемых протоколом связи

Автоматическое управление	
“x”	Перемещение мобильной платформы вдоль направляющей на заданное расстояние
“y”	Перемещение крюка на заданное расстояние
Ручное управление	
“t”	Включение/Выключение ручного управления
“u”	Перемещение крюка вверх
“d”	Перемещение крюка вниз
“r”	Перемещение мобильной платформы направо
“l”	Перемещение мобильной платформы налево

Таким образом, например, вводя в текстовое поле перемещения крана по оси “x”, и нажав на кнопку «OK», Processing отсылает в Serial

пакет данных, выглядящий как: «x17», который со стороны Arduino по протоколу данных определяется как: «переместить мобильную платформу крана от текущей позиции на 17 см». Иллюстрация передачи пакета данных выглядит следующим образом (рисунок 2).

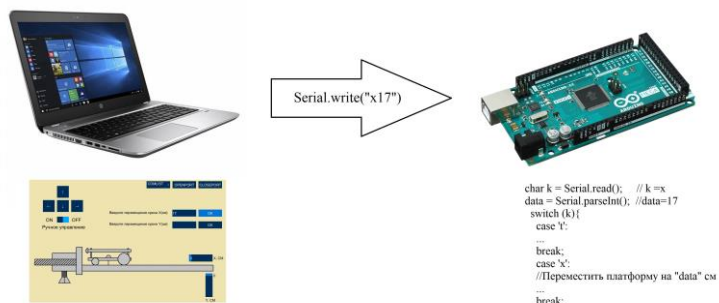


Рис. 2 Иллюстрация передачи пакета данных от Processing к Arduino

Предлагаемый метод отправления данных был выбран в пользу наглядности передачи данных по последовательному порту. Также интересно пронаблюдать за передачей пакетов на разных скоростях через библиотеку serial. В среде Arduino IDE и Processing можно задать скорость передачи данных в Serial именуемую как Baud Rate.

Для физической реализации лабораторного макета мостового крана, в качестве исполнительного механизма были использованы два двигателя постоянного тока на 6 вольт со встроенным редуктором и колесом. Для управления двигателями в макете присутствует драйвер L298N, на который Arduino посылает ШИМ сигнал управления.

Обратная связь по положению мобильной платформы реализована с помощью ультразвукового датчика HC-SR04. Принцип работы этого датчика основан на генерации импульсов на частоте 40кГц и приёме отраженного сигнала от препятствия. По времени распространения волны в прямом и обратном направлении можно вычислить расстояние до объекта.

Перемещение крюка осуществляет сервопривод на 4 полных оборота (1440°). Управление сервоприводом осуществляется через Arduino, путём задания угла поворота.

Разработанная программа позволяет управлять лабораторным макетом мостового крана в автоматическом и ручном режиме. В автоматическом режиме положение мобильной платформы корректируется с помощью ПИД регулятора, реализованного в

программе Arduino, что позволяет получить желаемый переходной процесс [8].

## 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. Processing.org: сайт. -2001. -URL: <https://processing.org> (дата обращения: 05.05.2022).

3. Среда разработки Ардуино: сайт. - 2008. - URL: [http://arduino.ru/Arduino\\_environment](http://arduino.ru/Arduino_environment) (дата обращения: 05.05.2022).

4. Интерфейс между терминалом данных и передающим оборудованием линии связи, применяющий последовательный обмен двоичными данными / Яшкардин В.В. // softelectro.ru: сайт. – 2009 – URL: <https://www.softelectro.ru/rs232.html> (дата обращения: 05.05.2022).

5. Библиотека Serial Ардуино: сайт. - 2008. - URL: <http://arduino.ru/Reference/Serial> (дата обращения: 05.05.2022).

6. Library Serial Processing: сайт. - 2001. - URL: <https://processing.org/reference/libraries/serial/index.html> (дата обращения: 05.05.2022).

7. Library ControlP5: сайт. - 2015. - URL: <https://sojamo.de/libraries/controlP5/#features> (дата обращения: 05.05.2022).

8. Ахмедов, О. А. Разработка виртуального прототипа и лабораторной установки портального крана / О. А. Ахмедов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 3239-3243.

*УДК 621.81-21*

*Ушаков К.А., Копьёв М.О., Чеботаев Н.А.*

*Научный руководитель: Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.*

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

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВАЛ-ВТУЛКА»**

Первостепенной задачей технологического процесса, а также составляющих его операций, являются целенаправленные действия по изменению и определению состояния заготовки, в результате которых, ей будут получены определённые геометрические характеристики и качество поверхностей с максимальной экономической эффективностью. Следовательно, чтобы технологический процесс был экономически эффективным, в нём должны быть реализованы два принципа: максимальная производительность, и минимальная себестоимость.

Привод продольной подачи осуществляет преобразование вращательного движения электродвигателя в поступательное движение шпинделя по принципу «винт-гайка».

«Вал-втулка» является составной частью узла привода продольной подачи переносного релъсосверлильного станка. Основными функциональными поверхностями которой являются: наружные цилиндрическая поверхность и торец для установки комплекта подшипников, а цилиндрическая поверхность и торец под установку зубчатого колеса, трапецеидальная резьба на внутреннем отверстии для непосредственного преобразования движения, а так же цилиндрическая часть для направления шпинделя.

Характеристики режимов механической обработки необходимо рационализировать, составив математическую модель:  $S = 0,3$  мм/об;  $n_1 = 800$  мин<sup>-1</sup>.

Экономически эффективные режимы резания вычисляют с использованием методов линейного программирования, что требует задания ограничений и преобразований оценочной функции к линейному виду логарифмированием, с использованием справочной литературы [5].

В качестве оценочной функции при рационализации по двум параметрам  $n$  и  $S$  необходимо использовать минимальную себестоимость.

$$F_{\min} = \frac{c}{n \cdot S} \quad (1)$$

По формуле ясно, что значение  $F_{\min}$  минимально, когда произведение ( $n \times S$ ) будет максимальным.

Технические ограничения задаются исходя из известных взаимосвязей. Лимитирующая стойкость режущей кромки инструмента выражается из приведённой формулы:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v \quad (2)$$

$$v = \frac{\pi Dn}{1000} \quad (3)$$

где T - стойкость инструмента, мин.; m- относительная стойкость; t- глубина резания, мм; D - диаметр заготовки, мм; C<sub>v</sub>, x, y - коэффициенты, характеризующие условия обработки; K<sub>v</sub>- общий поправочный коэффициент.

В результате объединения имеющихся формул, лимит будет выглядеть следующим образом:

$$ns^y \leq \frac{318 \cdot C_v}{D \cdot T^m \cdot t^x} \cdot K_v \quad (4)$$

Сходным образом получают остальные необходимые ограничения. После логарифмирования получим

$$\ln n + y \ln s = \ln \frac{318 \cdot C_v}{D \cdot T^m \cdot t^x} \cdot K_v \quad (5)$$

Введем обозначения

$$x_1 = \ln(n), \quad x_2 = \ln(100s) \quad (6)$$

$$b_1 = \ln \frac{318 \cdot C_v}{D \cdot T^m \cdot t^x} \cdot K_v \cdot 100^y \quad (7)$$

Отметим основные лимиты:

Лимит 1. Предел стойкости инструмента

В соответствии с условиями механической обработки, из справочной литературы [3] выбираем величину коэффициентов, составляющих уравнение для V:

C<sub>v</sub>=350; m=0,20; t=1; x<sub>v</sub>=0,15; y<sub>v</sub>=0,35; T=60 мин.

$$K_v = K_{MM} \cdot K_{fV} \cdot K_{\phi M} \cdot K_{rV} \cdot K_{qV} \cdot K'_v = 1 \quad (8)$$

$$ns^{0.35} \leq \frac{318 \times 350}{69.95 \times 60^{0.2} \times 0.475^{0.15}} \times 1 \quad (9)$$

$$ns^{0.35} \leq 784.464 \quad (10)$$

Преобразуем соотношение к линейному виду логарифмированием, и после обозначения получим

$$x_1 + 0.2x_2 \leq b_1 \quad (11)$$

$$b_1 = \ln(784.464 \times 100^{0.2}) = 7.586 \quad (12)$$

Лимит 2. Мощность электродвигателя привода главного движения станка.

Этот лимит обозначен условием  $N_{\eta} \leq N_{\eta}$ , где  $N$  - мощность электродвигателя привода главного привода станка, кВт,  $\eta$  - КПД кинематической цепи от электродвигателя к инструменту.

Эффективная мощность, затрачиваемая на процесс резания:

$$N_{эф} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} \quad (13)$$

где  $P_z$  - сила резания, является произведением коэффициентов:

$$P_z = C_p \cdot t^{x_{Pz}} \cdot S^{y_{Pz}} \cdot v^{n_{Pz}} \cdot K_p \quad (14)$$

Вводя в формулу компоненты значения силы резания  $P_z$ , получим для второго технического ограничения:

$$n^{n+1} S^y \leq \frac{6120 \cdot (10^3)^{n+1} \cdot N \cdot \eta}{C_p \cdot t^{x_{Pz}} \cdot D^{n_{Pz}+1} \cdot \pi^{n_{Pz}+1} \cdot K_p} \quad (15)$$

Числовую величину коэффициентов выбираем из справочной литературы [3]:  $C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $n=0$ .

И по таблице[3]:  $K_{mp} = 1,06$ ,  $K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{\gamma p} = 1$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0.9434 \quad (16)$$

Мощность электродвигателя для станка 16К20Ф3  $N=11$  кВт,  $\eta = 0,85$ . Тогда:

$$n^1 S^{0.75} \leq \frac{6120 \times (10^3)^1 \times 11 \times 0.85}{300 \times 0.475^1 \times 69.95^1 \times \pi^1 \times 0.9434} \leq 1937.75 \quad (17)$$

В результате преобразования к линейному виду и введения обозначений получим

$$x_1 + 0.75x_2 \leq b_2 \quad (18)$$

$$b_2 = \ln(1937.75 \times 100^{0.75}) = 11.02 \quad (19)$$

Лимит 3. Предел по минимальной частоте вращения шпинделя

Для частоты вращения шпинделя  $n$  это ограничение имеет вид  $n \geq n_{\text{шп min}}$ . Для станка 16К20Ф3  $n_{\text{шп min}} = 12.5 \text{ мин}^{-1}$ . Тогда  $x_1 \geq b_3$ , где  $b_3 = \ln(12.5) = 2.53$ .

Ограничение 4. Ограничение по максимальной частоте вращения шпинделя.

Для частоты вращения шпинделя  $n$  это ограничение имеет вид  $n \leq n_{\text{шп max}}$ . Для станка 16К20Ф3  $n_{\text{шп max}} = 2000 \text{ мин}^{-1}$ . Тогда  $x_1 \leq b_4$ , где  $b_4 = \ln(2000) = 7.6$ .

Соответствующими преобразованиями были выведены в линейном виде перечисленные лимиты: ограничение 5 - по наибольшей подаче, ограничение 6 - по наименьшей подаче, ограничение 7 - по прочности режущего инструмента, ограничение 8 - по жесткости режущего инструмента, ограничение 9 - по требуемой шероховатости поверхности, полученные ограничения образуют математическую модель процесса резания в аналитическом виде. Помимо эксплуатационных ограничений оборудования, выраженных системой неравенств, математическая модель содержит оценочную функцию  $f$ :

$$\begin{aligned} x_1 + 0.2x_2 &\leq 7.586 \\ x_1 + 0.75x_2 &\leq 11.02 \\ x_1 &\geq 6.68 \\ x_1 &\leq 9.601 \\ x_2 &\leq 2.526 \\ x_2 &\geq -1.897 \\ -0.12x_1 + 0.6x_2 &\leq 3.371 \\ -0.12x_1 + 0.6x_2 &\leq 2.883 \\ x_2 &\leq 2.311 \\ f &= (x_1 + x_2)_{\text{max}} \end{aligned}$$

Рис.1 Математическая модель для оптимизации

Математическая модель, представленная на (рисунке 2) решается графоаналитическим методом.

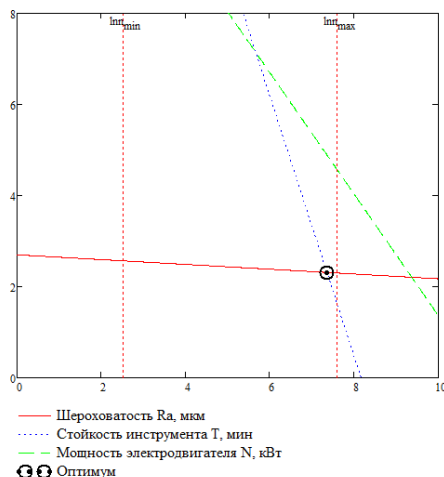


Рис.2 Графическое построение математической модели определения оптимальных режимов резания

Представлен график математической модели, в котором область оптимальных режимов резания имеет ограничения в соответствии с заданными условиями. Максимальное значение оценочной функции  $f$  находится в выделенной точке. Координаты этой точки являются оптимальными значениями:  $x_1 = 7.359$ ,  $x_2 = 2.311$ .

Фактические значения рациональных режимов механической обработки получаются в результате экспоненциального преобразования:

$$n_{\text{опт}} = e^{x_{1\text{опт}}} = e^{7,359} = 1569,81 \text{ мин}^{-1} \quad (19)$$

$$S_{\text{опт}} = \frac{1}{100} \cdot e^{x_{2\text{опт}}} = \frac{1}{100} \cdot e^{2,311} = 0,101 \text{ мм/об} \quad (20)$$

Проведённое исследование математической модели позволило получить режимы механической обработки детали «Вал-втулка», экономическая эффективность которых превосходит режимы резания из общемашиностроительных нормативов, что положительно влияет на повышение производительности, а так же снижение себестоимости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК



1. Разработка технологических процессов в машиностроении: Учеб.пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. -177с.

2. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч. 1/Под ред. В.Д. Мягкова. 5-е изд., перераб. И доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1979 – с. 544 с., ил.

3. Технология машиностроения. Ч. 1. Основы технологии сборки в машиностроении: Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 236 с.

4. Компьютерное моделирование в системе MathCad: Учебное пособие. /В. А. Охорзин – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.: ил.

5. Задачи принятия решений и оптимизации в машиностроении: учебное пособие / Т. А. Дуюн, Д. С. Баранов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 100 с.

**УДК 621.311.426**

***Фахрутдинов А.Р., Исмоилов Р.Б., Трифонов Е.А.***

***Научный руководитель: Муратаева Г.А., канд. техн. наук, доц.***

***Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия***

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Чтобы оценить текущее состояние изоляции силового трансформатора у нас есть большое количество доступных методов диагностики. Обычно, результат диагностики получается только с использованием нескольких показателей, на основе соответствующих стандартов и анализа разных характеристик.

Трансформаторы являются одними из самых важных и дорогостоящие компоненты электроснабжения. Поэтому существует большой интерес к значимому диагностическому процессу. Параметры должны отражать состояние старения изоляционных компонентов (картон, масло), и они должны также показывают зарождающиеся отказы, которые могут привести к повреждению трансформатора. Наибольший риск возникновения неисправности имеют обмотки и втулки трансформатора, потому что в этих регионах возникает самое высокое электрическая поле во время работы. Перед запуском трансформатора должны быть проведены тестовые испытания. Их

можно разделить на плановые испытания, типовые испытания и специальные испытания. Стандартные тесты необходимы для каждого трансформатор. Обычные тесты на устойчивость измерения, определение соотношения напряжения, измерения потерь, а также испытания на частичный разряд или импульсное напряжение перед подачей к пользователю. Типовые испытания – это испытания, которые проводились для каждой конструкции трансформатора. Эти тесты необходимы, чтобы показать, что проект удовлетворяет определенным критериям. А специальные тесты — это тесты, которые были согласованы между производителем и пользователем. Для проверки состояния трансформатора во время эксплуатации есть много диагностических доступных методов.

Обычно используемые методы диагностики:

- Химические методы диагностики
- Электротехнические методы диагностики
- Термические методы диагностики
- Оптические методы диагностики
- Механические методы диагностики

Химические методы приобретают все большее значение из-за разработки новых датчиков с более высокой чувствительностью для сбора частиц в ppm диапазоне. Важным химическим методом является «Анализ растворенного газа» (АРГ). Это самый эффективный инструмент для распознавания и классификации термических и электрических сбоев. Типичные отказы приводят к растворению газов в масле. Типичные сбои, которые можно распознать с помощью АРГ, являются перегрев, частичные разряды. Такие отказы производят к выделению водорода, кислорода, азота и низкомолекулярных углеводородных соединений, таких как метан, этан, окись углерода или двуокись углерода. Очень важна температура экстракции масла, потому что растворимость различных газов в минеральном масле сильно зависит от температуры масла. А также положение экстракции имеет большое влияние на результат. Таким образом, основная проблема заключается в определении предельных значений для одиночных газов. Сколько выделяется газа зависит от конструкции трансформатора, используемых материалов и его состояния. Оценка измерения результатов могут быть выполнены в соответствии с различными стандартами и методами.

В местах неоднородности изоляции чаще всего наблюдаются частичные разряды. Различные места дефектов являются областями повышенной вероятности возникновения ЧР. Из-за повреждений в

кабельной линии, провоцируемых ЧР, состояние линии ухудшается, что ведет к росту числа ЧР на определенном участке.

Методы измерения и обнаружения ЧР подразделяются на:

– Оптические методы. Данные методы основаны на фиксации оптических проявлений ЧР. Выделяют два основных варианта регистрации ЧР. Первый основан на фиксации всплесков, которые характерны для ЧР. Второй отслеживает изменения оптического потока.

– Акустические методы. В основе этой группы методов лежит регистрация характерных ультразвуковых колебаний, вызванных частичными разрядами. Специальная аппаратура может уловить их, определить место их возникновения и силу разряда.

– Радиоволновые методы. Данная методика основана на выявлении радиопомех, вызванных ЧР. Таким образом, место наибольшей концентрации помех окажется местом возникновения ЧР.

– Электрические методы обнаружения частичных разрядов основываются на измерении импульсов тока в системе.

В каждом методе обнаружения ЧР используются разнообразные датчики, использующие принцип преобразования электромагнитных и акустических колебаний в определенном диапазоне частот: низкочастотные, высокочастотные и сверхвысокочастотные.

Низкочастотные датчики работают в диапазоне 20-700kHz. Наибольшее распространение получили модели, работающие на частотах до 500kHz. Диапазон от 500kHz до 75-80MHz считается «высокочастотным». Здесь применяют датчики на основе трансформаторов высокой частоты (HFCT). Такие устройства могут встраиваться непосредственно в токоведущую цепь.

Последний диапазон, частоты которого лежат в пределах от 100-3000 MHz представлен различными радиоволновыми и оптическими детекторами. Такие устройства достаточно точны, но обладают относительно небольшим радиусом действия. Выбор типа и метода измерения чаще всего обусловлен параметрами электроустановки и решаемой задачей.

Современные методы диагностики, внедрение систем мониторинга трансформаторного оборудования позволяют вести контроль технического состояния электрооборудования и выявлять дефекты на ранней стадии их развития.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гожи З.; Сяосин З.; Хонгту К. Исследование локализации источника частичных разрядов трансформатора с помощью СВЧ-датчиков планового расположения на основе устранения сингулярных значений. АИП Пров. 2018, 8, 105232–105243.

2. Джунхёк С.; Хуэй М.; Тапан К.С. Усовершенствованный метод пространственного пересечения для локализации источника частичного разряда (ЧР) в силовом трансформаторе. В материалах Международной конференции IEEE по свойствам и применению диэлектрических материалов, Сиань, Китай, 20–24 мая 2018 г.

3. Плюксаван В.; Апиратикул П. Анализ частичных разрядов для модели распределения электроэнергии трансформатора. В материалах EECON-31. 31-я конференция по электротехнике, Накорнайок, Таиланд, 29–31 октября 2008 г.; с. 299–302.

4. Рутгерс В.Р.; Фу Ю.Х. УHF-обнаружение частичных разрядов в силовом трансформаторе. В материалах 10-го Международного симпозиума по технике высокого напряжения, Монреаль, Квебек, Канада, 24–30 августа 1997 г.; стр. 219–222.

5. Кумар А.С.; Гупта Р.П.; Удаякумар К.; Венкатасами А. Онлайн-методы обнаружения и локализации частичных разрядов для мониторинга состояния силовых трансформаторов: обзор. В материалах Международной конференции IEEE по мониторингу и диагностике состояния, Пекин, Китай, 21–24 апреля 2008 г.

6. Rozhentcova N.V., Galyautdinova A.R., Khayaliev R. A. et al. Automated Diagnostic System for Power Transformers // International Journal of Technology. 2020. Vol. 11(8). pp. 1519-1527.

7. W. Chao, G. Qiang, and T. Jing, Innovative insulation diagnostic methods // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2019, vol. 646, no. 1.

**УДК 621.438**

*Хаертдинова А.И.*

*Научный руководитель: Шешуков Е.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.*

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ**

Газотурбинная установка представляет собой устройство, состоящее из газотурбинного двигателя, редуктора, генератора и вспомогательных систем. Поток газа, образующийся при сгорании топлива, воздействуя на лопатки турбины, создает крутящий момент и

вращает ротор, который соединен с генератором, вырабатывающий электричество [1,2].

Современные газотурбинные установки широко применяются в двигателях для авиации, так как большое преимущество газотурбинной установки (ГТУ) состоит в автоматизации ее управления, простотой конструкции, быстротой ремонта и экономии. Все дело в модульности конструкции. ГТУ широко применяются в машиностроении (морские и речные суда, автомобильная и железнодорожная промышленность), в энергетике (в частности при быстром росте потребления электроэнергии). Масштаб применения: малая и крупная энергетика, нефтегазовая промышленность, промышленные предприятия, муниципалитеты.

Преимущество в использовании газотурбинных установок: безопасны для окружающей среды, так как выбросы в атмосферу варьируются в пределах нормы; возможность работы в разных климатических зонах; работают длительное время при небольших нагрузках (в том числе режим холостого хода); низкий уровень шума, вибрации; малые размеры установки и малый вес, позволяют устанавливать ГТУ на небольших площадках.

Основной задачей развития ГТУ в энергетике является рост экономичности ГТУ через увеличение температуры и давления газа перед турбиной. На данный момент разрабатываются новые системы охлаждения. В турбинах нового поколения планируется использование высокопрочных материалов, а именно: жаропрочной керамики.

Более видимая экономия будет от парогазовых установок (ПГУ), так как паротурбинные и газотурбинные установки работают сообща. Тем самым, они экономят расход топлива.

ПГУ взяли свое начало еще в XX веке, но уровень развития в технике в то время делал ПГУ неконкурентоспособными. В наше время, при дефиците энергоресурсов, комбинированный цикл ПГУ является наилучшим вариантом развития современных турбоустановок.

Другой способ снижения отработавших газов-уменьшение количества газа в рабочей жидкости. В установках смешивается пар (или вода) в газо-воздушной смеси, а смесь газа и пара подается на турбину. Этот способ решает многие проблемы с теплоемкостью камеры сгорания, но есть проблема с отложением солей. Детальная проработка этого вопроса отрицательно сказывается на экономической эффективности предприятия.

Подводя итоги, можно назвать пути развития турбоустановок: совершенствование цикла (повышение давления и максимальной температуры), парогазовые установки с комбинированными циклами,

парогазовые установки со смешанным рабочим телом. Степень развития первых двух путей требует больших капиталовложений для достижения дальнейшего прогресса в этом направлении. Использование смешанных циклов пока не получило широкого распространения, но рост цен на энергоносители и экологические требования повышают их конкурентоспособность. В настоящее время создание смесительных ПГУ является наиболее перспективным направлением развития газовых турбин [3, 4].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mendelev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 643. article number 012099. DOI 10.1088/1757-899X/643/1/012099.

2. Mendelev D. I., Galitskii Y.Y., Marin G.E., Akhmetshin A.R. Study of the work and efficiency improvement of combined-cycle gas turbine plants // E3S Web of Conferences. 2019. vol. 124. article number 05061. DOI 10.1051/e3sconf/201912405061.

3. Mendelev D.I., Marin G.E., Akhmetshin A.R. The Implementation and Use of Gas Turbines with Absorption Refrigerating Machine in the Technological Schemes of Thermal Power Plants // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2019. article number 8934431. DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8934431.

4. Marin G.E., Mendelev D.I., Akhmetshin A.R. Analysis of Changes in the Thermophysical Parameters of the Gas Turbine Unit Working Fluid Depending on the Fuel Gas Composition // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. article number 8934021. DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8934021.

**УДК 004.387**

**Чабаненко А.В.**

*Научный руководитель: Свеженцева И.Б., канд. пед. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

**AUTOMATION IN PRODUCTION**

Nowadays production needs a lot of time, control and energy to solve issues of mankind. Technological development of people is not static at all. So there was created the way of solving aforementioned production problem that does not need a huge exhausting human hours of working and wasting of health. It was named automation.

Automation is a direction in the development of production, characterized by the release of a person not only from the expenditure of muscle energy to perform movements associated with the production process, but also from direct control of the corresponding machines or mechanisms.

In the conditions of automated production, the worker only adjusts the machines or groups of machines and their control systems, turns them on and carries out operational control over their work. The participation of a person in the operations of turning on the automatic system and its debugging are not taken into account. Automation is the main technical direction and indicator of the technical level of modern production, because it reflects the content of the scientific and technological development of mankind: the replacement of a person directly in production conditions.

Safety management of technological processes is quite diverse. The characteristic features of modern production are the rapid development of robotics, rotary and rotary conveyor lines, flexible industrial production, high productivity.

The main tasks of automation are the intensification of production based on the introduction of new achievements in science and technology, the reduction in the number of technological transitions, the introduction of continuous production schemes, the further development of the level of mechanization and automation, which in turn will lead to cheaper products and an increasing of their number.

In the context of scientific and technological progress, automation is one of its driving forces. It affects the improvement of technology, the mechanization of production processes, and provides conditions for the creation of more difficult high-performance processes that cannot be developed and implemented without automation. The scale of the tasks solved by the food industry requires the creation of factories, workshops with a high degree of production automation, improvement of the forms of planning and management of product quality, technological processes and production; creation of devices and automation systems based on traditional technical means, as well as microprocessor technology. The successful functioning of technological processes, obtaining high quality, can only be ensured with the large-scale introduction of automation, in which the control and monitoring functions are transferred to instruments and automatic systems.

Automation cannot strive to completely replacing of a person with a machine today, but it dramatically changes the nature of using of machine and interaction with it. Work becomes more meaningful, serious and skilled, but also more complex. The main duties of the employee now consist in the maintenance of machines and doing of an intellectual activity, rather than physical. Therefore, a person is no longer a dull, non-initiative performer: he is freed not only from manual labor, but also partially from uncreative functions.

Modern production cannot be imagined without robotics, special technical means that can replace a person in performing exhausting or harmful to its health operations.

Robotics is the creation of technical systems similar to some of the most important systems of the human body. There are many areas of development in robotics, here are some of them:

- sensor technology - the creation and use of artificial sense organs for robots;

- section of artificial intelligence and informatics - teaching robots the elements of human mental activity;

- mechanics - development of mechanical manipulators;

- industrial robotics or robotics - design of manipulators and upgrading of them.

Robotization as the highest level of automation of production processes is a prerequisite for the creation of unmanned industries.

The development of enterprise automation is carried out in two directions: The first direction is the development of automation devices. The second direction is the creation of automatic control and regulation systems, including those using microprocessors.

The growth of labor productivity in the food industry, the development of new technologies aimed at improving the quality and increasing the efficiency of production require the restoration and improvement of control systems based on the latest measurement and automation tools.

In any type of management, to one degree or another, the following steps are performed:

- obtaining information about the state of the control object;

- processing and analysis of the information received, on the basis of which a decision is formed on the need and nature of the impact on the control object;

- implementation of the decision, for example, by changing material or energy flows.



These are the steps to get the important information about problems that can be opened at the moment of making some number of test acting of the automatic system.

Automatic control systems can be implemented using fairly simple technical means - local regulators. However, the functionality of such systems is very limited. It is impossible to automate more complex control functions, such as process optimization or decision-making in case of unacceptable violations during the process, without the use of computer technology and devices for the rapid exchange of information between production personnel and technical means.

The main aim of automation is increasing of the labor efficiency, improving of the quality of products, creating of conditions for the optimal use of all production resources. In the context of scientific and technological progress, automation is one of its driving forces to get more developing of the knowledge of mankind. It has a significant impact on the improvement of technologies, mechanization of production processes, provides conditions for the creation of more complex high-performance processes, which cannot be developed and implemented without automation.

Therefore, the factors of increasing economic efficiency include improving the quality of products, reducing the consumption of raw materials, and reducing production waste. Thus, automation contributes to the intensification of food production, gives a significant economic effect.

A human performs all the functions of analyzing the process, making and implementing decisions about influencing the process with manual control. Manual remote control is also used, when a person influences the process at a distance using special devices. In this case, it receives information about the process parameters using automatic control systems for indicators of automatic instrumentation.

So there were given some reasons about the importance of using automation in production. So, now we are ready to go to the practical part of solving the mankind problems.

Let us have a talk about the examples of workplace automation. Robotic complexes are equipped with high-power lasers, which allows you to automatically deposit layers of various metals on defective parts, completely restoring the performance of individual units. The laser performs many tasks: it cuts materials, welds them, fixes the smallest defects, and cleans surfaces. The used method of laser-powder surfacing makes it possible to repair and restore parts in a short time.

Automation of technological actions is the most important means of increasing labor productivity, reducing the consumption of materials and

energy, improving the properties of products, introducing progressive methods of managing production and increasing the reliability of work.

One of the characteristic examples of the use of all these methods of influencing the processed material is automatic and robotic complexes from different industries.

Automation of integral industrial production complexes. An automated line of equipment (machine tools) is a complex of technological equipment with automatic transportation and control, designed for sequential processing of parts in a single technological process for the production of a finished product or semi-finished product. Sometimes a part of the operations in automated lines is performed by a person.

Automatic lines are a set of technological equipment installed in accordance with the sequence of technological processes and equipped with automatic loading and unloading devices and a common control system or several interconnected control systems in combination with automatic transportation. Usually they are used for the manufacture of products and parts in large-scale and mass production.

There was said about automation Modern agricultural machines. Agriculture is one of the most important industries. It provides the food, feed and biofuels we need to survive. The world population is expected to reach 9 billion by 2050. Consequently, agricultural productivity must double to meet human needs, and crop yields must increase by 25%.

Many of the problems that concern humanity today encourage change. In addition to global population growth, the cost of water is rising, political and regulatory procedures are being implemented, arable land is being limited, and cheaper products are being produced through automation. In addition, the climate is changing - and these are just some of the factors that now determine the existence of man.

Modern farmers have already met high technology. Nowadays they use digitally controlled inventory. There are partially and fully automatic devices for most types of agricultural work: from grafting to planting, from harvesting to sorting and packaging.

Software systems are at the service of farmers, schematic maps acquired with quadcopters, and data needed for field activities can be found in the internet. They use the automatic steering systems included in the control systems of many new tractors, tracked by a GPS system and controlled by software. Some farmers are beginning to move their operations to full automation. Therefore, forward-thinking farmers today will be able to bypass slow, incremental improvements and move directly to robotic automation.

Automatic devices in use. The latest technologies have not bypassed everyday life. Things that your parents could only read about in sci-fi novels

20-30 years ago have become quite familiar to us. At present, multicookers, washing machines and dishwashers, refrigerators that can be controlled from a smartphone, a robot vacuum cleaner and even a “smart home”, which itself sets and regulates the temperature, light and other modes of life of its owners, are an everyday reality.

Automation contributes to the release of a person from the implementation and management of production processes. Automation at the present stage of development of production technologies includes the following areas: full automation of individual jobs; automation of industrial complexes; automation of modern agricultural machines; home appliances automation; development of systems for automatic (without the role of a person) technological, passenger transport.

### LIST OF REFERENCES

1. Смышляев А.Г. Пога С.Н. Стрижко А.Н. О построении базы знаний для автоматизации процесса системно-объектного моделирования // Научные чтения // Научные чтения (XXIII научные чтения). — 2019. — С. 36 —41.

2. Коломьцева Е.П. Ткаченко С.А. Обзор алгоритмов оптимизации установки сенсорных сетей // Научные чтения // Научные чтения (XXIII научные чтения). — 2019. — С. 36 —41.

3. Лавров В.С. Петюк С.И. Роботизированная автоматизация процессов // Научные записки молодых исследователей. — 2017. — № 6. — С. 43 —45.

4. Шаров Р.Ю. Алгоритмизация оперативного управления производством // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиотехника». — 2014. — С. 34 — 38.

*УДК 681.51*

*Черный Б.В.*

*Научный руководитель: Степовой А.А., ст. преп.*

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

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧЬЮ

Топливные затраты при обжиге клинкера – это самая существенная часть в себестоимости цемента. Эти затраты резко увеличиваются из-за

нестабильности режима работы цементных вращающихся печей. Также из-за нестабильности режима возможно снижение активности клинкера и выпуск бракованного продукта. Таким образом, чтобы снизить себестоимость цемента и повысить его качественность, требуется обеспечить наилучшую стабильность работы печи в заданном режиме, который определён данными технологическими условиями обжига, при этом учитывая опыт эксплуатации печей и анализ промышленных испытаний. Цементные вращающиеся печи управляются машинистами, которые ориентируются на показания контрольных приборов. Вращающаяся печь – это сложный объект, имеющий множество взаимосвязанных параметров, которые характеризуют сложные тепловые, массообменные, физические и химические процессы обжига цементного клинкера. Из этого следует, что анализ технологического режима работы вращающихся печей возможен только при наличии своевременной и максимально возможно полной информации о процессах внутри печного агрегата [1, 2].

Цементную печь можно условно разделить на шесть технологических зон – зону сушки, зону подогрева, зону декарбонизации, зону экзотермических реакций, зону спекания и зону охлаждения. В настоящих же печах нет строгого разделения соседних зон, ибо разные процессы в большинстве случаев накладываются друг на друга. Для более же простого осуществления управления произведем разделение печного агрегата на следующие 3 части:

і. холодную часть, которая включает в себя зону сушки и зону подогрева;

в. горячую часть, которая включает в себя зону спекания и зону декарбонизации;

с. зону охлаждения, которая включает в себя клинкерный холодильник и зону охлаждения печи.

Состояние каждой из этих частей описывается лингвистическими терминами и определяется по тем входным параметрам, которые имеются на печи. Основываясь на установленном состоянии, с помощью изменения регулирующих параметров происходит перераспределение тепла между этими частями или же изменяется количество тепла, которое подаётся в печь.

В (таблице 1) представлены рассматриваемые в работе регулируемые и регулирующие параметры, для каждого из которых имеется заданное значение и указаны пределы изменения параметра, соответствующие норме данного параметра.

Таблица 1 – Лингвистические переменные

Название параметра	Множество термов	Интервалы соответствия численных значений и термов	Заданное значение параметра
Температура отходящих газов	ниже нормы в норме выше нормы	-20..0 -10..+10 0..+40	230°C
Температура в зоне подогрева	ниже нормы в норме выше нормы	-20..0 -10..+10 0..+20	440°C
Нагрузка на главный привод	ниже нормы в норме выше нормы	-1.5..0 -0.7..+0.7 0..+1.5	26.0 А
Концентрация CO <sub>2</sub>	ниже нормы в норме выше нормы	-17..0 -2..+2 0..+5	17%
Давление в первой камере холодильника	ниже нормы в норме выше нормы	-15..0 -5..+5 0..+15	140 мм. вод. ст.
Температура клинкера на выходе из холодильника	ниже нормы в норме выше нормы	-25..0 -10..+10 0..+200	80°C
Процент открытия шиберов дымососа	ниже нормы в норме выше нормы	-5..0 -2..+2 0..+5	30%
Расход газа	ниже нормы в норме выше нормы	-0.5..0 -0.15..+0.15 0..+0.5	12.4 тыс. м <sup>3</sup> /ч

На (рисунке 1) представлена структура управления цементной вращающейся печью на основе нечётких регуляторов.

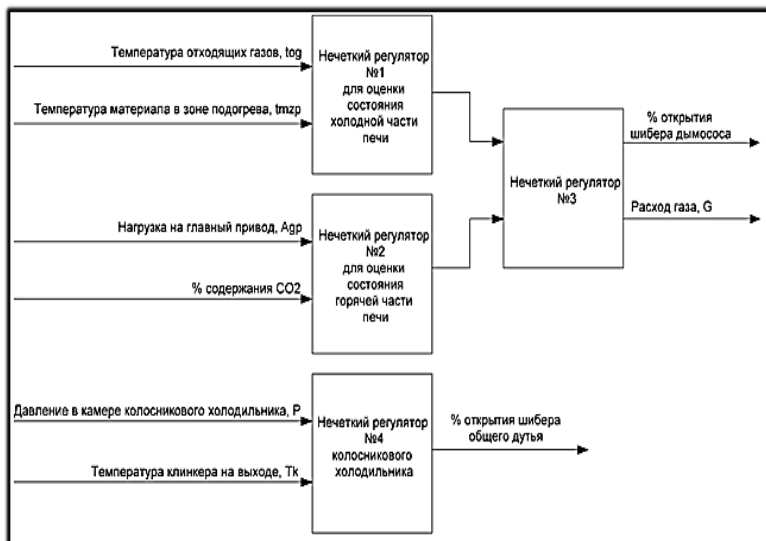


Рис. 1 Структура управления цементной вращающейся печью

Технологическое состояние частей печи оценивается по значению параметров, которые характеризуют объект управления. Из-за того, что цементная вращающаяся печь имеет инерционность и запаздывание результатов управляющих воздействий, изменение этих параметров может не соответствовать состоянию зоны в текущий момент, поэтому в модели оператора исследуется больше потенциальное состояние зон, нежели фактическое.

Определение управляющих воздействий и оценка состояния элементов производится с помощью нечеткой логики, основываясь на разработанных наборах продукционных правил (лингвистических моделях). Эти множества правил представляют собой нечеткие технологические зависимости между параметрами, которые характеризуют процесс обжига.

Помимо применения качественных параметров, достоинства нечеткой логики заключаются также в том, что правилам в лингвистических моделях не обязательно охватывать все возможные ситуации, ведь, используя теорию нечетких множеств, основываясь на

заданных правилах, можно производить вывод в неизвестных ситуациях. При разработке правил лингвистических моделей исследовались результаты реальных промышленных испытаний, а также анализировались литературные материалы.

Рассмотрим к примеру оценку теплового состояния холодной части печи. На тепловое состояние холодной части печи наибольшее влияние оказывают два регулируемых параметра: температура отходящих газов и температура материала в зоне подогрева, иными словами, изменение теплового состояния холодной части печи пропорционально изменению этих двух параметров.

Таким образом, между  $t_{ог}$ ,  $t_{зп}$  и состоянием холодной части печи справедливы следующие зависимости:

- $Q_{хч} \sim t_{ог}$ ;
- $Q_{хч} \sim t_{зп}$ ;
- $Q_{хч} = f(t_{ог}, t_{зп})$ .

Представление рассмотренных зависимостей в виде лингвистических термов отражено в (таблице 2).

Таблица 2 – Лингвистические термы

Температура отходящих газов, $t_{ог}$	Температура материала в зоне подогрева, $t_{зп}$	Состояние холодной части печи, $Q_{хч}$
S	S	S
S	Z	S
S	B	Z
Z	S	Z
Z	Z	Z
Z	B	Z
B	S	Z
B	Z	B
B	B	B

- Описание параметров:
- S – ниже нормы (остывшая);
- Z – в пределах нормы;
- B – выше нормы (перегретая).

Проведя такой анализ касаясь всех частей печи, можно получить полный набор лингвистических правил, который позволит разработать автоматизированную систему управления вращающейся цементной печью.

В заключение можно отметить, что традиционные системы управления цементной вращающейся печью не всегда способны выдавать эффективное управление в условиях нелинейности и неопределенности объекта. Использование нечеткой логики, и в частности теории нечетких множеств, является одним из эффективных способов решения задачи управления такими нелинейными сложными технологическими объектами, как цементная вращающаяся печь [3...5]. С помощью нечеткой логики можно смоделировать систему управления, которая будет соответствовать действиям человека-оператора, управляющего объектом без наличия его математической модели.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен, В.К. Основные принципы и способы управления цементной вращающейся печью/ В.К. Классен // Цемент и его применение. – 2004. – №2. – С. 39 – 42.
2. Классен, В.К. Обжиг цементного клинкера / В.К. Классен. – Красноярск: Стройиздат, 1994, – 323 с.
3. Бажанов, А.Г. Интеллектуальная советующая система управления вращающейся печью обжига цементного клинкера / А.Г. Бажанов, А.С. Копылов, В.А. Порхало, Д.А. Юдин, В.З. Магергут, В.Г. Рубанов [электронный ресурс] // V Международный Конгресс производителей цемента: сб. труд. на диске / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012.
4. Бажанов, А.Г. Нечеткие диаграммы поведения узлов для создания автоматизированной системы управления печью обжига цементного клинкера / А.Г. Бажанов, В.З. Магергут // Сб. трудов Междунар. научно-практич. конф. «Инновационные материалы и технологии» (XX научные чтения) [текст]. Ч.1. – Белгород: БГТУ, 2011. – С. 23 – 27.
5. Борисов, В.В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – 2-е изд. стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.

УДК 159.9.019.2

*Черных В.С.*

*Научный руководитель: Федотов Е.А., ст. преп.*

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



## КАК ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГАЮТ ОПТИМИЗИРОВАТЬ ВРЕМЯ ЧЕЛОВЕКА

Современный цивилизованный человек ежедневно выполняет множество рутинных задач: просмотр актуальных новостей, уборка дома, покупка необходимых товаров, работа, выгул собаки, занятие спортом, общение с родственниками, изучение новых знаний, запись к специалисту на приём, оплата счетов, ремонт чего-либо в доме, заправка машины и т.д. И во время выполнения всех вышеперечисленных задач можно просто забыть оплатить свои счета, ведь такая незначительная мелочь не может удержаться в голове. Поэтому для разгрузки внимания человека от ненужного контроля можно распланировать своё время и воспользоваться уведомлением на своём телефоне. Например, вместо того что бы ежедневно проверять электронную почту в ожидании долгожданного письма, можно просто забыть об этом до появления значка “!” над конвертом. Так же, незачем держать в голове, когда именно нужно оплатить подписку за медиасервисы, ведь уведомления просто напомнят об этом. Ну или же нечто действительно важное, к примеру, приём лекарств, осуществляемые строго по времени. Ведь за работой можно просто “потеряться” и забыть даже о жизненно важных вещах.

О нашей “забывчивости” высказалась невролог Тюменского кардиологического научного центра Лилия Граф в статье “Почему ухудшается память”: “Понять, что свободного места в “жестком диске” головного мозга не осталось, можно, когда человек не в силах запомнить три важных дела на день, забывает, что он хотел сказать и сделать. При этом речь не идет о ситуации многозадачности, когда на день десять дел и одиннадцатое вылетело из головы — это неудивительно. Но десятки задач — это не исключение, а правило, то мозг устаёт и «выключается». Наверняка многие сталкивались с ситуацией, когда на несколько секунд или минут словно «зависаешь», смотришь на одну точку и ни о чем не думаешь - так организм подает сигнал о том, что его возможности исчерпаны и просит о помощи. Игнорирование сигналов SOS приводит к астении - синдрому хронической усталости. Ухудшение состояния идет на фоне эмоциональных нагрузок, негативных переживаний.”. То есть наше ухудшение памяти абсолютно обосновано, и никто не защищен от него. Поэтому не стоит волноваться из-за того, что вы в свои, допустим, 20 лет начали забывать некоторые вещи. И для того, чтобы защититься от переутомления, нам необходимо проводить разгрузку нашей памяти и в этом нам поможет уведомление. Ведь лучше один раз распланировать

весь график в телефоне и просто забыть о деле, пока не появится напоминание, нежели постоянно держать всё в голове.

Помимо того, что мы можем разгрузить нашу память, мы так же можем оптимизировать и с пользой потратить наше время. Дабы не быть голословным можно обратиться к статье “Time Tracking Experiment: What I Learned After Analyzing Every Minute of My Life for 30 Days” Эрине Гринавальд (Erin Greenawald), которая провела эксперимент по планированию своего собственного времени. Для начала она выбирать те категории занятий, на которые хочет тратить время, но также добавила те, которыми она не хотела заниматься, по причине того, что они были неотъемлемой частью повседневной жизни (Отвлекающие факторы и Быт). Дальше нужно составить эталонный график, на который можно будет ориентироваться, конечно всё не будет сходиться по этому графику, но это не значит, что к этому невозможно стремиться. Затем нужно выбрать приложение через которые вы будете вести учёт времени, а после этого уже можно будет начать учёт вашего времени. По окончании, Эрина проанализировала свои результаты и сделала вывод: “Я стала более осознанно тратить время. Кроме того, что я учитываю каждую минуту, хватило, чтобы я лучше понимала, как проходят мои дни — а это шаг к тому, чтобы перестать тратить время так, как мне этого не хочется. Открывая с утра Инстаграм, я запускала таймер — этого было недостаточно, чтобы сразу же остановиться, но хватило, чтобы выйти как можно быстрее и остановить таймер. В моей жизни стало меньше многозадачности. Необходимость учитывать время сделала меня более «однозадачной». Сложно отслеживать занятия, если вы постоянно между ними переключаетесь, поэтому чаще я ограничивала себя чем-то одним, и только потом переходила к следующей задаче. Наконец, благодаря этому эксперименту я смогла оценить, насколько много времени на самом деле вмещается в один день. Спокойно и трезво посмотрев, сколько я смогла сделать в течение дня, недели, месяца, и сколько времени ушло впустую, теперь я уже не могу так легко говорить, что у меня нет времени на что-то. Мне совершенно очевидно, что время-то есть — нужно просто внимательно расставлять приоритеты.” Это действительно хороший результат, а ведь для него требуется не контроль всего и сразу, а лишь над самим собой.

С планированием времени для ежедневных задач и даже немного глубже мы разобрались, но поможет ли это светлым умам всего человечества? Ответ на этот вопрос дал советский философ, биолог и энтомолог Александр Александрович Любищев в своей автобиографии “Такая добровольная каторга”. В отличии Эрины, Александр занимался учётом своего времени не 1 месяц, а целых 56 лет! А именно с 1916 по

1972 годы, как и подобает хорошему учёному, Александр вёл учёт времени, не деля на категории, а прописывая, практически, каждое своё действие с точностью до 5 минут. Конечно не доходило до фанатизма, например, время на употребление пищи и одевание не учитывалось. Но учтённое время записывалось в нетто, то есть отбрасывая время на перерыв, отвлекающие факторы и т.д. Что же касается самой системы учёта времени А.А. Любимцева? Она уникальна тем, что включает в себя использование «отбросов времени» и постоянные тренировки в организации своего труда. Что подразумевается под «отбросами времени»? Например, поездка на транспорте, пешая ходьба, ожидание в очередях, отдых и т.д., Александр использовал «отбросы времени» для изучения языков и выучил таким образом английский, французский и немецкий и не смотря на свои дефекты в произношении был переводчиком приезжающих иностранных учёных-биологов. Так же Александр отдельно выделил достоинства своей системы:

1. Повышение эффективности. Это иллюстрация к словам поэта: «Ты сам свой высший суд». Она приучает к точному учету всего того, что проделано, и к самоконтролю.

2. Полезно отражается на здоровье, избавляет от скуки, от возможности говорить, что «делать нечего».

3. Самокритика, самопонимание увеличивается тогда, когда вы видите, насколько вы правильно используете любое время.

С причинами нашей забывчивости и его решением мы разобрались, но много ли людей занимаются планированием своего времени? Что бы узнать это был проведен опрос среди студентов БГТУ им. В. Г. Шухова на тему «Планируете ли вы своё время, пользуетесь ли «напоминалками» в телефоне и почему?». Среди опрошенных 36% не планируют своё время и не ставят напоминания в телефоне, 52% планируют время, а оставшиеся 12% затруднились ответить.

Среди не планирующих 39% ответили, что у них не так много дел, чтобы забыть, что им необходимо сделать. 33% ответили, что они всё прекрасно помнят и не видят необходимости в планировании. И 28% ответили, что не могут распланировать дела, так как не от них зависит время его выполнения, а также очень много неожиданных фактором мешают этому.

Среди планирующих 27% пользуются напоминаниями в телефоне по очень важным делам, а всё остальное держат в голове. 34% пользуются потому что некоторые вещи забывают спустя длительное время или же планируют на будущее, например, на месяц вперёд. 15% пользуются по причине своего здоровья, а именно из-за своей плохой памяти и необходимостью принятия лекарств. 16% планируют своё

время так как это очень удобно, не нужно держать в голове детали о каждом своём шаге и следить за временем. А 10% планируют своё время из-за загруженности на работе.

По результатам опроса можно сделать вывод, что вопрос о планировании своего времени и напоминании, что именно нужно сделать и во сколько, очень актуален, ведь количество ежедневных задач увеличивается с каждым днём и одна задача заменяет другое, а также наша память может начать подводить нас со временем. Поэтому планирование нашего времени является востребованным решением этого вопроса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Почему ухудшается память? – URL: <https://www.tnmc.ru/novosti/tyumenskiy-kardiologicheskii-nauchnyy-tsentr/pochemu-ukhudshaetsya-pamyat/> (дата обращения 6.05.2022) - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. What I learned after analyzing every minute of My life for 30 days – URL: <https://zapier.com/blog/time-tracking-tutorial/> (дата обращения 6.05.2022) - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

3. Любичев А.А. Такая добровольная каторга// АН СССР. 1976.

4. Гарибов А. И. Разработка системы мониторинга данных о компьютерах корпоративной сети предприятия на основе мультиагентных систем / Гарибов А. И., Бондаренко Т. В., Федотов Е.А. // II Научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы моделирования, проектирования и разработки программных средств». [Электронный ресурс] / Российская академия естествознания. Москва, 2015. - Режим доступа: <http://econf.rae.ru/article/9030>

**УДК 666.94:621.926**

*Чув А.В., Дудченко К.Н.*

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

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
ПОДЪЕМА ВОДЫ ИЗ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ**

Одним из лучших источников воды являются артезианские скважины. Их используют для добычи и эксплуатации артезианских вод. Артезианские скважины имеют высокую производительность, длительный срок эксплуатации, а их воды находятся под давлением и являются относительно чистыми.

Для добычи воды чаще всего используют нерегулируемые электроприводы, из-за чего становится невозможным обеспечить рациональное потребление электроэнергии, поскольку расход воды может быть различным, а электроприводы выбираются по максимальной производительности, большая часть режима работы происходит с меньшей производительностью. Для управления подачей жидкости в насосных установках различают следующие способы [1,2]: дросселирование, двухпозиционное регулирование, изменение частоты вращения рабочего колеса насоса.

Дросселирование и двухпозиционное регулирование являются более простыми, но и более энергозатратными способами. Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса является наиболее точным и менее энергоемким способом регулирования, но нуждается в более дорогом оборудовании. Он позволяет осуществить непрерывное и плавное регулирование производительности насосной установки, позволяет насосам работать в оптимальном режиме, поэтому уменьшаются затраты энергии [3-5].

Проектируемая система автоматического регулирования давления воды будет состоять из следующих элементов: контроллер, преобразователь частоты, насосная установка, состоящая из асинхронного двигателя и насоса, и датчика давления. В качестве аппарата защиты была разработана защита от сухого хода.

При работе насоса вода является охлаждающей средой для различных частей насоса (рабочее колесо, входной патрубков и др.), поэтому при холостом режиме работы повышается температура, что вызывает деформацию и разрушение конструкции узлов и деталей насоса [6]. Схема защиты от сухого хода представлена на (рисунке1).

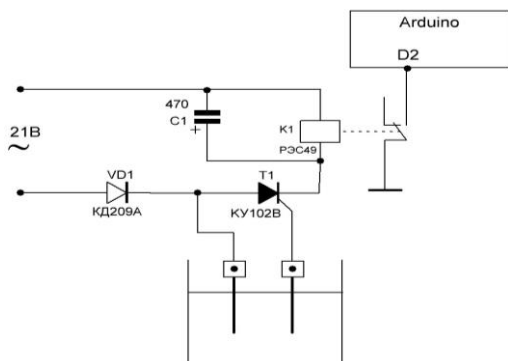


Рис. 1 Защита от сухого хода

Принцип работы устройства: через диод VD1 выпрямляется входное переменное напряжение. Тиристор T1 будет пропускать напряжение, когда на управляющий вход будет подано напряжение. Управляющий ток будет проходить в том случае, когда вода в скважине будет на одном уровне с электродами или выше. При открытом тиристоре обмотки конденсатора C1 будут заряжаться. Когда конденсатор зарядится, через реле K1 будет проходить ток и контакты переключатся. На дискретном входе D2 контроллера Arduino установлено напряжение +5В и подтягивающий резистор. Когда контакт замкнут, ток идет на землю и напряжение на входе равно 0.

Дистанционное управление, контроль и диспетчеризация осуществлены по интерфейсу RS-485. Частотный преобразователь VFD-E компании Delta Electronics может быть настроен для связи в Modbus сетях, использующих один из следующих режимов: ASCII или RTU [7]. В качестве контроллера использовался Arduino Nano.

Для написания управляющей программы использовалось приложение FLProg для работы с контроллером Arduino. Программа написана на языке функциональных блок-диаграмм FBD. Контроллер является ведущим устройством, а преобразователь частоты ведомым.

Управляющая программа (рис. 2.) реализует дистанционное управление по интерфейсу RS-485 по протоколу Modbus RTU. В ней используется следующий функционал:

- пуск, остановка, разгон двигателя;
- автоматическое управление давлением насосной установки с помощью ПИД-регулятора;
- автоматическая остановка двигателя при сухом ходе;

– считывание кода ошибки преобразователя частоты.

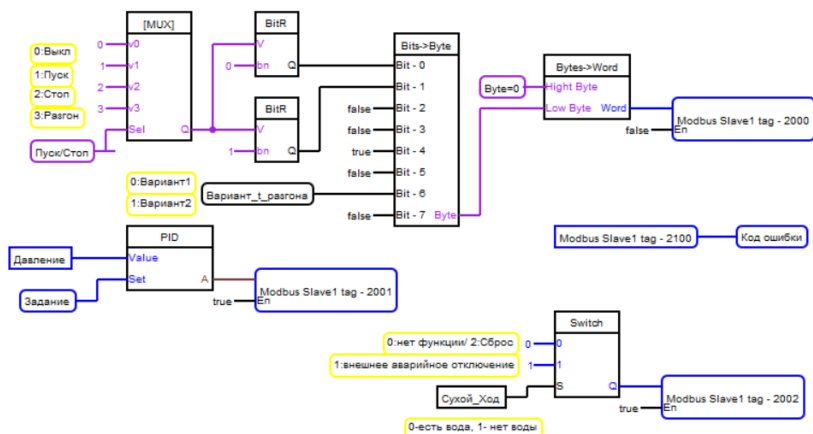


Рис. 2 Управляющая программа

В результате выполненных исследований была разработана система автоматического регулирования поднятия воды из скважины, которая обеспечивает режим максимальной экономии электроэнергии при регулировании подачи воды, также были разработаны управляющая программа и аппараты защиты. Целью для дальнейшего исследования является построение математической модели системы и исследование ее динамики.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попкович Г.С., Гордеев М.А., Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. — М.: Высш. шк., 1986. — 392 с.
2. Моргунов К.П., Насосы и насосные станции — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 308 с.
3. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода. – М.: Энергоиздат, 1981. – 614 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. Лобачев П. В., Насосы и насосные станции — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Стройиздат, 1983. — 191 с.
6. Черкасский В. М., Насосы, вентиляторы, компрессоры — Москва: Энергоатомиздат, 1984. — 406 с.

7. Преобразователи частоты серии VFD-E: Руководство по эксплуатации – DELTA ELECTRONICS.INC – 364 с.

**УДК 608.3**

*Шамгулов Р.Ю., Гридчин Ю.С., Гончаров А.Н.*

*Научный руководитель: Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГРУЗКИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ**

Качество работы многих производственных установок определяется их герметичностью. Например, экологичность переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) методом низкотемпературного термолиза [1] напрямую зависит от герметичности терморектора. Одним из способов герметизации является применение специальных герметизирующих устройств загрузки и выгрузки.

В настоящее время известны различные конструкции питающих устройств непрерывного действия, обеспечивающих герметичность подачи отходов в камеру терморектора.

Известен шлюзовый затвор для высоконагретых опасных техногенных материалов [2]. Данное устройство обеспечивает герметичность подачи сырья за счет минимального зазора между поверхностями рабочих лопастей и стенками корпуса. Недостатками данного затвора являются: ограниченная пропускная способность и необходимость периодической замены подшипников.

Известно двухшнековое загрузочное устройство с электронагревательными элементами [3]. Изобретение представлено винтовым конвейером и применяется для загрузки органических отходов, буровых нефтешламов и отходов шлам-лигнина в реактор для их термической переработки. Недостатками устройства являются: дополнительный расход энергии на обогрев сырья и сложность обслуживания электронагревательных элементов.

Также известен мобильный модуль реактора пиролиза для комплексов термической переработки отходов, оснащенный герметизирующими узлами загрузки и выгрузки [4]. Узлы загрузки и выгрузки имеют шнеки с отсутствующими частями спирали, благодаря чему создается герметичная пробка из измельченных ТКО или углистых остатков пиролиза. При переработке некоторых видов отходов может происходить недостаточное их перемешивание,



приводящее к снижению производительности и быстрое закоксовывание шнеков и шнековых спиралей.

Для решения вышеперечисленных недостатков предлагается модель, основанная на загрузочном питателе-уплотнителе-затворе[5].

Общий вид питателя приведен на (рисунке 1).

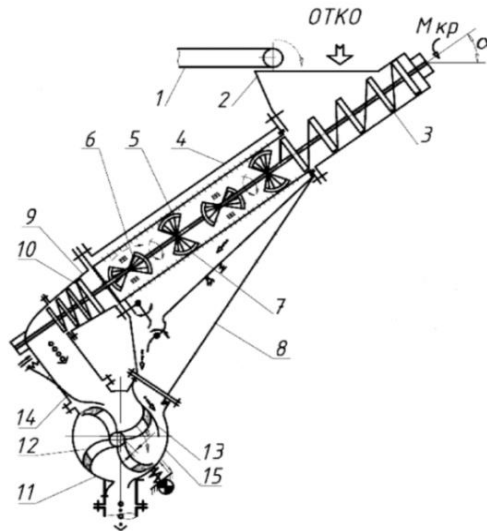


Рис. 1. Загрузочный питатель-уплотнитель-затвор.

- 1 - ленточный питатель; 2 - приемный бункер; 3 - шнековый питатель; 4 - цилиндрическая часть питателя-уплотнителя; 5, 6 - лопасти; 7 - поверхность классифицирующего корпуса; 8 - выгочный корпус; 9 - конический корпус; 10 - конусообразный уплотняющий шнек; 11 - питатель-затвор; 12 - дугообразные лопасти; 13, 14 – дугообразные лопасти, 15 - вибрирующая пластина.

Данная модель состоит из нескольких основных рабочих элементов: шнек, перпендикулярно установленные лопасти, конусообразный уплотняющий шнек.

Шнековый питатель, изображенный на (рисунке 2), предназначен для подачи материала из приемного бункера в цилиндрическую часть.



Рис. 2 Шнековый питатель.

Перпендикулярно установленные, относительно друг друга, лопасти имеют угол раскрытия  $90^\circ$ . При перемешивании материала, исключается его налипание на рабочие поверхности транспортирующих рабочих элементов. Лопасти изображены на (рисунке 3).



Рис. 3 Лопасти.

Конусообразный уплотняющий шнек (рисунок 4) с уменьшающимся шагом по ходу движения сырья формирует пробку из материала, за счет чего обеспечивается герметизация питателя.



Рис. 4 Конусообразный уплотняющий шнек.

Модель демонстрирует принцип работы загрузочного питателя-уплотнителя-затвора.

Проведенные нами исследования по моделированию процесса транспортирования различных мелкозернистых материалов показали работоспособность разработанных устройств, обеспечение равномерности подачи и герметизации загрузочного модуля.

Для повышения эффективности работы терморектора термолизной установки, обеспечения его герметизации и равномерной загрузки материалов, с использованием физического моделирования процесса, разработаны специальные устройства для транспортирования, классификации и уплотнения материалов.

Данное устройство обеспечивает герметичную подачу измельченных техногенных материалов, в том числе твердых коммунальных отходов в терморектор, а также стабилизирует технологические параметры их переработки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2744225 Российская Федерация, МПК F 23 G 5/027. Способ низкотемпературной переработки органических твердых коммунальных отходов и установка для его реализации / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, Н.Т. Шеин и др.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2020124265, заявл. 22.07.2020; опубл. 03.03.2021 Бюл. №7. 18с.

2. Пат. 204519 Российская Федерация. Шлюзовой затвор для высоконагретого радиоактивного сыпучего материала / В.П. Петрунин, А.С. Богомолов, В.А. Балашов; заявитель и патентообладатель ООО "КБ АРМАТУРЫ И СПЕЦИАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ", заявл. 12.02.2021; опубл. 28.05.2021 Бюл. №16. 14с.

3. Пат. 2 752 432 Российская Федерация. Двухшнековое загрузочное устройство с электронагревательными элементами / С.Я. Чернин; заявитель и патентообладатель Чернин С.Я. заявл. 31.01.2021; опубл. 28.07.2021 Бюл. №22. 12с.

4. Пат. 207 663 Российская Федерация. Мобильный модуль реактора пиролиза для комплексов термической переработки отходов / Д.В. Соколов; заявитель и патентообладатель Д.В. Соколов. заявл. 23.04.2021; опубл. 10.11.2021 Бюл. №31. 26с.

5. Гридчин Ю. С., Шамгулов Р.Ю. Разработка герметизирующих узлов загрузки и выгрузки термолизного реактора / Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им.В.Г.Шухова. – Белгород. 2021 – 4 с.

*УДК 666.94:621.926*

*Шахова А.В., Барашков И.А., Литовка В.А.*

*Научный руководитель: Кравченко В.М.*

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

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Энергия является основой жизнедеятельности человечества. Популярными источниками энергии используются эффективно, а возобновляются достаточно медленно, следовательно, закончатся в ближайшем будущем. Это стимулирует переход к использованию возобновляемых источников энергии. Глубокая и полная утилизация

вторичных энергетических ресурсов способствует уменьшению размеров энергопотребления и приводит к снижению стоимости основной технологической продукции.

Классификация ВЭР.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – это энергетический потенциал различной продукции, отходов и иных продуктов, которые образуются в технологических установках, который сам не используется установкой, но может быть использован для энергоснабжения других потребителей.

Все ВЭР можно подразделить на три основные группы:

– Горючие ВЭР – образуются в ходе работы огне-технического оборудования и является химическим видом энергии. К ним относятся горючие отходы, вырабатываемые на химической и нефтехимической промышленности, горючие газы плавильных печей и т.д.

– Тепловые ВЭР – это физическая теплота, образующаяся от отходящих дымовых газов, теплота горячей воды, пара, паровоздушной смеси.

– ВЭР избыточного давления – это энергия, образующаяся от газов, жидкостей, паров, которые покидают технологические агрегаты с избыточным давлением и нуждаются в его снижении при выбросе в атмосферу.

Практическое применение ВЭР в наше время

В наше время в машиностроительной промышленности, в доменном производстве, на нефтеперерабатывающих заводах, а также в химической промышленности КПИ (коэффициент полезного использования) не превышает 15-20%, но при этом они обладают огромным потенциалом энергосбережения, только за счет внедрения и использования ВЭР он может составить от 35-40% от расхода первичных ТЭР. Рассмотрим применение ВЭР на примере текстильного производства:

В предприятиях текстильной промышленности для установок, использующих тепло, главным источником энергии является тепловые ВЭР. Тепловые ВЭР представляют собой энтальпию продукции, отходов производства, рабочих тел системы охлаждения рабочих технологических установок, тепло отходящих газов и т.д.

В текстильной промышленности к основным видам ВЭР можно отнести теплоту, вырабатываемую при сбросе растворов от промывных и красильных агрегатов, теплота конденсируемого пара, исходящего от установок, физическая теплота, исходящая от самих материалов.

Степень утилизации ВЭР зависит от различных факторов, к которым относятся величина и структура энергопотребления промышленного предприятия, а также от его режимов.

Что бы знать какой осуществляется выход тепловых ВЭР на текстильном предприятии, нужно знать точные характеристики установок и оборудования, которое являются источниками этих тепловых ВЭР. При анализе и расчете выхода ВЭР стоит также уделить особое внимание на показатель качества ВЭР. Показатель качества – это совокупность качеств и свойств, определяющих прикладную социо-экономическую целесообразность ВЭР (к нему относят следующие критерии: вязкость, температурный уровень, коэффициент теплоотдачи и др.)

При планировании внедрения и применения тепловых ВЭР необходимо:

- Внимательно изучить технологический цикл и тщательно проанализировать технологию производства и оборудование.

- Выявить основные производственные технологические процессы, участвующие в выработке ВЭР.

- Выбрать тип используемого утилизационного оборудования, определить точное направление, по которому будет использоваться ВЭР и составить тепловые балансы самих установок, являющихся источниками ВЭР.

Таким образом если грамотно установить и использовать источники ВЭР, можно утилизировать и использовать различные виды вторичных энергоресурсов, например, утилизация теплоты конденсата, путём установки несложных теплообменников с малой поверхностью теплообмена, что позволит избежать больших экономических и эксплуатационных затрат. Высокий потенциал вторичных энергоресурсов, например ранее рассматриваемого конденсата, при его использовании в утилизационных установках даст возможность снизить расход первичного горящего пара от 10 до 25%.

Социальная и экологическая эффективность использования вторичных энергоресурсов очевидна. К преимуществам ВЭР можно отнести: уменьшение загрязнения атмосферы, снижение затрат и улучшение условий труда. Также к преимуществам можно отнести повешения коэффициента полезного использования и снижения расхода первичного энергетического топлива.

Основной сложность и проблемой в использовании ВЭР в наше время является сложность их внедрения и установки на действующие заводы и предприятия в связи с их низкой совместимостью, которая в свою очередь даёт низкие показатели теплоотдачи.

Утилизация и использование вторичных энергоресурсов в наше время является одним из передовых и особо значимых путей развития технология и промышленности, потому что это приведёт к повышению эффективности и производственной отдачи энергохозяйств промышленных предприятий.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: – М.: Издательский центр «Академия», 2003 – 304 с.
2. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. “Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов” - К.: Техника 1985г., 383с
3. Петкин А.М. “Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности”, 1982г., 173с.
4. Харитонов В.В. ВЭР и охрана окружающей среды. - Мн.: Вышш.шк., 1988. - 170 с. (Экономически эффективное использование вторичных теплоэнергоресурсов; основные направления утилизации ВЭР и применяемые для этого устройства)
5. Ильина Т.Н., Бельмаз Д.Н. Анализ и способы утилизации вторичных энергоресурсов нефтеперерабатывающего предприятия// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С.189-193.

**УДК 621.311.25:621.039**

***Шептун К.Р.***

***Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.***

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

## **НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

Трансформаторы – статические преобразователи электрической энергии. Это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока [1].

Основным назначением трансформатора служит изменение напряжения переменного тока. Также трансформаторы применяются для преобразования числа фаз и частот.

Для перемещения электрической энергии с целью снижения потерь на большие расстояния используется метод трансформации. Электрическая энергия, вырабатываемая на электростанциях синхронными генераторами при напряжении 10-20 кВ, поступает на трансформаторную подстанцию, на которой происходит процесс повышения амплитуды напряжения, через другой конец линии электропередач электрическая энергия поступает на удаленную подстанцию, где в дальнейшем и происходит распределение электрической энергии с целью изменения напряжения переменного тока для дальнейшего потребления [2].

Принцип действия силового трансформатора заключается в явлении электромагнитной индукции. При включении первичной обмотки трансформатора в сеть по обмотке подается переменный ток, который образует в магнитопроводе переменный магнитный поток. Этот процесс происходит за счет замыкания магнитных линий на магнитопроводе и образования сцепления между обмотками. Обмотки, которые обладают большим напряжением, называют обмотками высшего напряжения (ВН), а обмотки более низкого напряжения – обмотками низшего напряжения (НН). Также используются обмотки регулировки напряжения (РО), этот тип представляет собой отдельно выполненную часть обмотки трансформатора и имеет ответвления, переключаемые при регулировании напряжения [3].

Выбор силового трансформатора зависит от требуемой мощности, а также в соответствии с требованиями к надежности питания. Чтобы обеспечить бесперебойное питание систему в некоторых случаях устанавливают сразу несколько трансформаторов. Мощность каждого трансформатора подбирается таким образом, чтобы в случае неисправности, другие трансформаторы были готовы взять на себе нагрузку недостающего [4].

В электросетях, в которых напряжение достигает 6000 для снижения потерь электричества и его передачи на большое расстояние используются масляные трансформаторы [6...7].

Масляные трансформаторы – это стационарное электрическое устройство имеющее две или более обмотки. Обмотки трансформатора размещены в баках, наполненных маслом. Трансформаторное масло является не только хорошей изоляцией, но и хорошей охлаждающей средой [5].



Важной и необходимой деталью для обеспечения перебойной работы масляного трансформатора является осушитель воздуха. Его роль очень важна, так как именно это устройство препятствует попаданию в устройство влаги и загрязнений, которые способны нарушить работу его системы. Устройство масляного трансформатора представлено на (рисунок 1).



Рис. 1 Устройство масляного трансформатора

Для лучшего охлаждения в обмотках и магнитопроводе мощных трансформаторов устанавливают вентиляционные каналы в плоскостях прибора.

Трансформаторы, имеющие мощность от 160МВт. Имеют масляно водяное охлаждение. Вода регулярно циркулирует по трубкам теплообменника, предназначена для съема тепла с радиатора.

Недостатком такой систему является регулярное обслуживание для дальнейшей эксплуатации. Результаты исследования масляного трансформатора предоставлены в (таблице).

Таблица – Результаты исследования масляного трансформатора

Масляный трансформатор	
Преимущества	Недостатки
Имеет небольшой размер.	Нужно проходить регулярное техническое обслуживание.
Хорошо переносит перегрузки во время коротких замыканий.	Постоянно следить за уровнем температуры масла и его утечкой.
Эффективная защита от воздействий окружающей среды.	Нельзя размещать вблизи взрывоопасных предметов и веществ.

Может работать при температуре в различном диапазоне температур от (-40 до +60) °С.	Ежегодная проверка масла на наличие воды и газа.
Выпускаются модели со специальными характеристиками: экономный, мало шумный и др.	Может нанести вред окружающей среде при неправильной эксплуатации.

При эксплуатации масляных трансформаторов необходимо соблюдать некоторое условие: уровень загрязнения воздушной среды не должен превышать допустимую норму.

Выполненный сравнительный анализ позволил принять обоснованное решение по применению масляного трансформатора в современном мире. Несмотря на все недостатки масляной системы: регулярное обслуживание, защита от воздействий окружающей среды и возможное ее загрязнение при несоблюдении требуемых норм, наличия специального оборудования для установки и др. Эта конфигурация системы достаточно энергоэффективных, пользуется большой популярностью в промышленном, сельскохозяйственном и бытовом масштабе и применяется и в настоящее время.

Также стоит отметить, отечественное трансформаторостроение достигли очень больших успехов в освоении электротехники. Отечественные разработки позволили создать трансформаторы с повышением рабочего напряжения и значительным увеличением мощности. Проводилась большая работа по изучению магнитных и тепловых процессов. Кроме того, эти установки имеют компактный размер и значительно небольшой вес. Получили большое применение в промышленном производстве [2].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что система трансформаторных устройства пользуется, большой популярностью во всем мире и во всех аспектах человеческой деятельности, обладая, при этом многогранным спектром применения.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лизунова, С. Д. Силовые трансформаторы – справочная книга / С. Д. Лизунова, Лоханина А. К. – Москва: Энергоиздат, 2011. – 616 с. – Библиогр.: с. 34-35. – ISBN 5-98073-004-4. – Текст: непосредственный.
2. Китаев, Е. В. Трансформаторы: учеб. пособие / Е. В. Китаев. Трансформаторы: учеб. пособие. – Москва: Высшая школа, 1974. – 207 с. – Библиогр.: с. 5-8. – Текст: непосредственный.
3. Хныков, А. В. Теория и расчет трансформаторов источников

вторичного электропитания. – Москва: Солон-Пресс, 2004. – 112 с. – Библиогр.: с. 30-33. – ISBN 5-98003-075-1. – Текст: непосредственный.

4. Борисов, Ю. М. Электротехника / Ю. М. Борисов, Д. Н. Липанов, Ю. Н. Зонин. – 2-е изд. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с. – Библиогр.: с. 315. – Текст: непосредственный.

5. Безик, В. А. Электрические машины. Трансформаторы / В. А. Безик, В. А. Башлыков, О. В. Кубаткина. – Брянск: БГСХА, 2010. – 24 с. – Библиогр.: с. 4. – Текст: непосредственный.

6. Эволюция электродвигателей постоянного тока применяемых в промышленности / ред. Н.Ю. Саввин, Д.Д. Гарбузов, Д.А. Калашников; Научно-практическая конференция с международным участием (27 марта 2020; К.). – Казань: «Научно-исследовательский и образовательный центр»: ООО ПК «Астор и Я», 2020. – 58 с. – Текст: непосредственный.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616491 Российская Федерация. Программа расчета разветвленной электрической цепи переменного синусоидального тока с несколькими источниками ЭДС: № 2021615598: заявл. 14.04.2021: опубл. 22.04.2021 / Н. Ю. Саввин; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – EDN QORNRO.

**УДК 004.942 (07)**

**Шкарина А.И.**

**Научный руководитель: Кукушкина В.А., доц.**

*Липецкий государственный технический университет*

*г. Липецк, Россия*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Термин 3D-печать характеризуется, как аддитивное производство, то есть производство за счёт добавления материала. Это существенно отличается от обычных методов промышленного производства, которое носит название субтрактивных технологий, то есть отнимающих. Если при резке, шлифовке, фрезировке лишний материал удаляется, то в первом случае материал наоборот добавляется до получения готовой модели, слой за слоем.

1. Послойное наплавление (FDM и FFF) FDM или FFF, аббревиатура обозначает создание объектов при помощи метода послойного нанесения расплавленного материала. FDM расшифровывается, как моделирование методом послойного наплавления (fused deposition modeling), реже носит название FFF в переводе, как метод наплавления нитей (fused filament fabrication).

Данная технология является одна из самых популярных. Принцип работы напоминает термоклеевой пистолет. С одной стороны, вставляется пластик, который плавится, а потом застывает, не теряя своих свойств (рисунок 1)

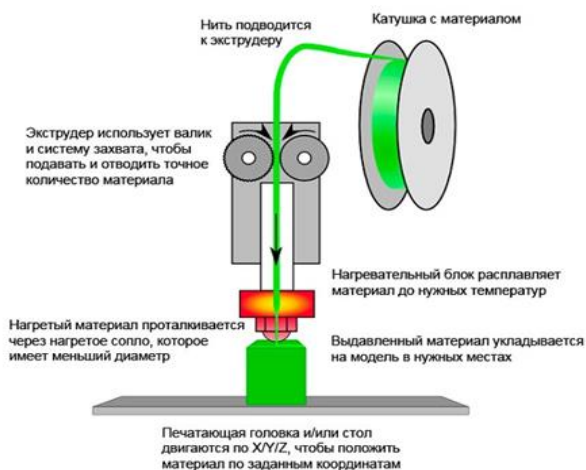


Рис. 1 Принцип работы FDM

Термопластичный полимер, который находится в печатной головке, при высоких температурах начинает плавиться и подаваться на нагретую рабочую поверхность по заданной траектории. При одновременном охлаждении материалы соединяются друг с другом и создают трехмерную деталь.

Характеристики. Габариты настольных моделей имеют 200\*200\*200мм, а промышленных 1000\*1000\*1000. Температура рабочей поверхности и сопла, а также скорость вентилятора и высота слоя настраиваются. Толщина слоя от 50 до 400 микрон. Чем больше высота слоя, тем быстрее происходит процесс печати. Схема движения печатающей головки движется как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Скорость задается до начала печати, лишь

некоторые модели при помощи сенсорного дисплея, могут иметь функцию изменить в процессе работы.

Применение. Принтеры используются при создании запчастей, дизайнерских объектов, суверенной продукции, макетов, прототипов, медицинских изделий. Нередко принтеры закупают для мелкосерийного производства, а так же в образовательные организации для демонстрации возможностей 3D-технологий.

Результаты представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Результаты исследования fdm

Преимущества	Недостатки
FDM имеет простой механизм.	скорость печати, как производственное оборудование не эффективно использовать.
Низкая цена.	Низкое качество поверхности. Визуально просматриваются слои, даже если изменять параметры печати.
FDM имеет простой механизм.	Рентабелен только для мелкосерийного производства небольших по размеру объектов.
Приемлемая цена.	При скачке температур во время печати может привести к расслоению.
Является лидером в быстром прототипировании.	Оборудование не всегда универсально.
Технология позволяет изготовить изделие из разных видов пластика, любого цвета.	
Создает функциональные модели-прототипы.	
Себестоимость относительно низкая, если сравнивать с другими классическими технологиями фрезерования либо использования пресс-форм.	
Создает сложные геометрические формы.	
Некоторые модели оснащены датчиками окончания нитями цветными мониторами, wi-fi, функции веб-камеры.	
Удобно печатать уникальные макеты. Есть много декоративных материалов, которые своим внешним видом	

напоминают стекло бронзу мрамор и другие.	
Готовые изделия ударопрочные.	
Возможность печатать изделие несколькими материалами одновременно.	
Изделие после изготовления не требует постобработки.	
Можно изменять внешний вид: красить, сверлить, шлифовать.	
Используют в мелкосерийном производстве.	
Возможность печати несколькими цветами одновременно.	
Себестоимость низкая, поэтому быстрая окупаемость принтера.	

## 2. Фотополимерный метод печати SLA стереолитография.

Вместо нитей, SLA использует фото полимеры, которые являются светочувствительными материалами. Он изменяет физические свойства при воздействии света. У SLA нет экструзионной насадки. Используется лазер для затвердевания жидкой смолы, данный процесс называется фотополимеризацией. В итоге получаются модели-высокого разрешения, обладающих водонепроницаемыми и изотропными свойствами.

Принцип работы. Фотополимерная смола затвердевает при воздействии источника света. Источник может быть различным (лазер через систему зеркал-SLA, DLP-цифровой проектор, LCD/mSLA -LED лампа через LCD дисплей) (рисунок 2).

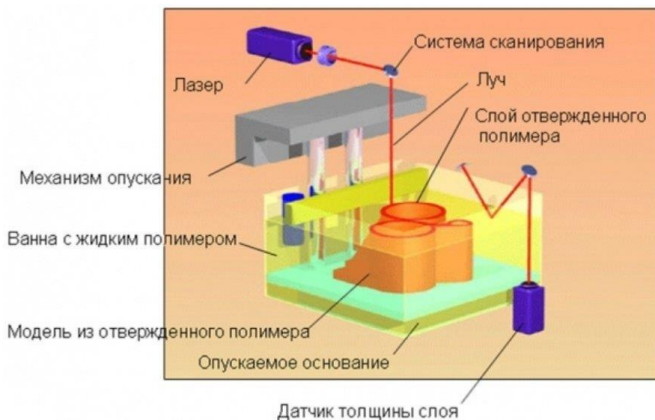


Рис. 2 Принцип работы SLA

Фото полимеры реагируют иначе, чем термопласты, так как являются термоактивными. По скорости FDM и SLA, разница незначительна. SLA визуально превосходят FDM, благодаря лазерной технологии, толщина слоя от 25 до 1000 микрон. Чем меньше толщина, тем более точно пропечатывается форма и поверхность модели. Оптимальная толщина 100 микрон. Большинство параметров печати устанавливается производителем, изменяется только высота слоя и ориентация детали. Главное преимущество данной технологии – точность поверхности в отличии FDM.

Области применения: искусство, авиакосмическая область, архитектура, научные исследования, приборостроение, медицина, производство ювелирных изделий, авиакосмическая область. Результаты представлены в (таблице 2).

Таблица 2 – Результаты исследования sla

Преимущества	Недостатки
Высокая скорость печати.	Трудоемкость в эксплуатации.
Низкая стоимость.	Более высокая стоимость материала (дороже пластиковой нити).
Простота конструкции	Невозможность печатать одновременно двумя цветами.
Высокое качество модели.	

Большие мониторы, соответственно большая зона печати.	
Высокая производительность.	
Окупаемость.	
Универсальность.	

Если сравнивать данные технологии, то по ряду показателей преимущество у SLA технологии (рисунок 3).



Рис. 3 Сравнение печати FDM и SLA

Данные принтеры являются достаточно мощными и недорогими. Изначально их использовали в области ювелирного дела и стоматологии. В настоящее время, изготавливают модели и прототипы для различных промышленных сфер. Детальный сравнительный анализ по каждой позиции позволил выявить сильные и слабые стороны FDM и SLA-принтеров. Если рассматривать промышленное производство, то здесь практикуют комбинирование технологий. Это позволяет применить наиболее оптимальную технологию, оптимизирующую производство. Если рассматривать индивидуальное применение и использование в образовательном процессе, то здесь наиболее эффективным и доступным является использование FDM принтера.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование различных принтеров и соответственно технологий, определяется поставленными задачами и областью применения технологий.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возможности и перспективы 3D-печати [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.13shin.ru/kupit/3d-printer-vozmozhnosti-perspektivy3d-pechati>. 17.11.2018.

2. Оборудование для объемной печати [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://make-3d.ru/articles/chto-takoe-3d-skaner-i-kak-on-rabotaet>. 12.04.2022.

3. Гамов, Е.С. Теоретические и технологические предпосылки аддитивных (цифровых) способов литья / Е.С. Гамов, В.А. Кукушкина // Литейщик России. 2018. №23. С.28-38. EDN: YSLEBW

4. Гамов, Е.С. Применение аддитивных (цифровых) технологий для изготовления литых художественных изделий / Е.С. Гамов, В.А. Кукушкина // Литейщик России. 2018. - № 4. С. 32-48. EDN: YVTHRE

*УДК 62-531.4:62-529*

*Шкиль А.Д., Гольцова М.Ю.*

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

*<sup>2</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
им. акад. И.П. Павлова, Россия*

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТООПЕРАТОРАМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЦИНКОВАНИЯ И ХРОМИРОВАНИЯ

Гальваническое производство является важным этапом в современном технологическом процессе обработки металлических изделий. Применение металла огромно, от машиностроения и космонавтики, до пищевой промышленности и строительства. Следовательно, необходимо защитить поверхность изделия от внешних механических и химических воздействий, для этого на металл наносится гальваническое покрытие. Его суть заключается в нанесении на поверхность металла защитной пленки, посредством подачи тока в ванну, содержащую химический раствор, это может быть раствор хрома, цинка или других элементов, в ванне располагаются обрабатываемые детали. Получаемая пленка позволяет защитить металл от коррозии, придать ему эстетичный внешний вид и т.д. Для исключения участия человека, в процессе обработки гальванических изделий применяют

автооператоры, выполняющие перемещение между ваннами обработки деталей [4]. Автооператор является манипулятором с двумя координатами перемещения по горизонтали и вертикали.

Они делятся на широкие классы и каждый отличается своими недостатками и положительными качествами [1]. Одной из главных задач управления, является трудность позиционирования подвесок.

Позиционирование автооператора один из важнейших этапов разработки системы управления автооператором. Так как, в следствие огромной массы манипулятора, при не правильном построении системы управления, автооператор будет либо проезжать мимо заданной позиции, либо наоборот останавливаться, не доезжая до места (рисунок 1).

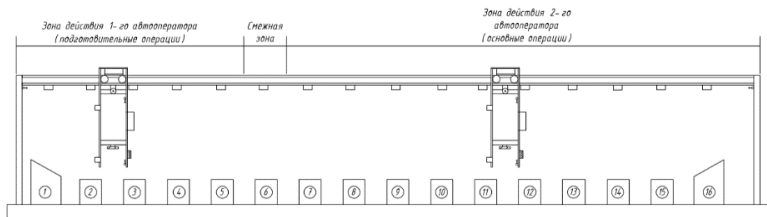


Рис. 1 Расположение тельферных (подвесных) автооператоров на гальванической линии

Неточность позиционирования приведет, к неточному положению подвески в гальванической ванне, а, следовательно, неправильной подачи тока, и уменьшению качественных характеристик обработанных деталей, и как следствие нарушению заданного цикла процесса обработки изделий.

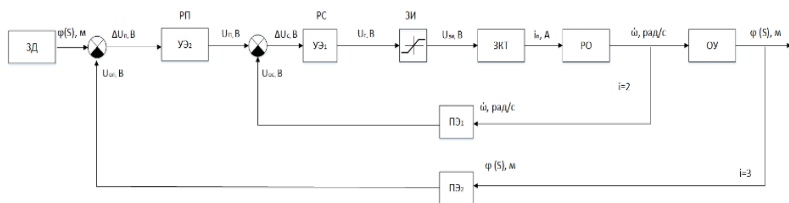


Рис. 2 Структурная схема СУЭП

Структурная схема системы управления автооператором представлена на рис. 2 она включает в себя: задатчик (ЗД), задающий требуемое положение; усилительный элемент УЭ1, являющийся

пропорциональным регулятором положения (РП); усилительный элемент УЭ<sub>2</sub>, выполняющий функцию пропорционального регулятора скорости (РС); задатчик интенсивности (ЗИ); замкнутый контур тока (ЗКТ); вал электродвигателя, являющийся регулирующим органом (РО); объект управления преобразующий угловое перемещение в линейное (ОУ) и коэффициенты обратной связи по скорости ПЭ<sub>1</sub> и положению ПЭ<sub>2</sub>.

Решением задачи позиционирования подвески является применение настройки системы автоматического управления электроприводом на технический (модульный) оптимум [5]. Данный метод заключается в последовательной настройке двух контуров системы, контура положения (РП) и скорости (РС). Такой настройкой стремятся сделать так, чтобы модуль частотной характеристики, в широком спектре частот, был близок к единице. Итогом настройки будет качественный переходный процесс, отрабатываемый заданное положение с максимальным быстродействием и без перерегулирования. При правильной настройке регуляторов контура положения и скорости, исключается режим «дотягивания», когда автооператор отрабатывает оставшееся перемещение с меньшим ускорением (замедлением). Передаточная функция регулятора *i*-го контура при настройке на модульный оптимум рассчитывается по формуле (1):

$$W_{p_i}(s) = \frac{1}{2^i T_a} \cdot \frac{K_{o_{i-1}}}{K_{o_i}} \cdot \frac{1}{W_{o_i}(s)}, \quad (1)$$

где  $T_a$  – некомпенсируемая постоянная времени системы управления электроприводом;  $W_{o_i}(s)$  – передаточная функция объекта *i*-го контура или замкнутого контура тока (подлежащего компенсации настройкой регулятора);  $K_{o_{i-1}}, K_{o_i}$  – коэффициенты обратных связей предыдущего и рассматриваемого контуров.

Смоделированная система управления положением автооператора позволяет оценить качество отработки заданного перемещения манипулятором.

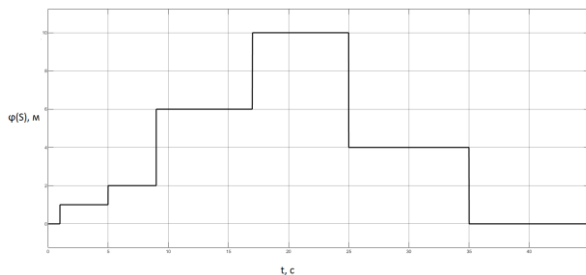


Рис. 3 Заданное перемещение автооператора

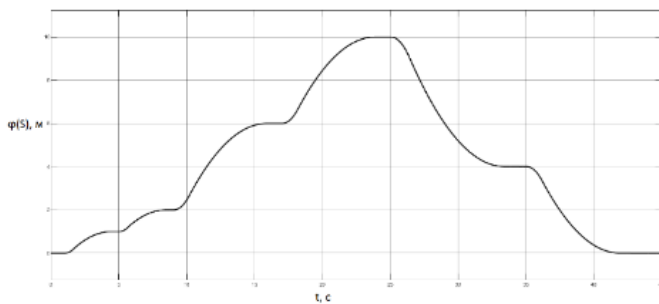


Рис. 4 Обработка автооператором заданного перемещения

Как видно из (риса 3 и 4) автооператор обрабатывает произвольный алгоритм перемещения, с высокими показателями качества: отсутствует перерегулирование (автооператор не проезжает заданную позицию), высокое быстродействие и высокая точность позиционирования подвески.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что разработанная система может быть применима в реальном производстве. Что в значительной степени улучшит качество обработки деталей и оптимизирует расход производственных ресурсов на технологический процесс.

В дальнейшем необходимо реализовать предложенную систему на реальном объекте или же на спроектированной модели. Помимо вопросов позиционирования, следует также решить задачу оптимизации алгоритма работы автооператора для минимизации времени простаивания подвески над ванной, что позволит ускорить процесс обработки деталей во всем цикле.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. Л. Зубченко, В. И. Захаров, В. М. Рогов и др. Гибкие автоматизированные гальванические линии: справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 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. Виноградов С. С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. – Изд. 2-е, перераб. и доп.; "Глобус". М., 2005. – 240 с.
4. Фомин Н. В. Системы управления электроприводов: учеб. пособие. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. – 293 с.
5. Gol'tsov Yu. A., Kizhuk A. S., Rubanov V. G. Chaotic dynamics of a pulse modulated control system for a heating unit. MATEC Web of Conferences (International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018). 2018. Т. 224, 02055. doi.org/10.1051/matecconf/201822402055/
6. Рубанов В. Г., Парашук Е. М. Проектирование непрерывных и дискретных систем автоматического управления: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 106 с.
7. Гинберг А. М. Гальванотехника. – Л.: Машиностроение, 1999. – 188 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://referatwork.ru/refs/source/ref-16970.html> (дата обращения: 01.05.22).

**УДК 006.036**

**Яковлева А.А.**

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

## СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТОВ IPC

Ввиду стремительного технического развития в области конструирования и технологий производства электроники, а также — изменяющихся общих экономических условий, стандарты или технические директивы не утратили своего значения для промышленности. Наоборот, растущее распределение отдельных задач или специализация, которая происходит в промышленности с помощью

глобализации процесса производства или аутсорсинга, только увеличивает спрос в актуальных технических директивах, которые помогают в работе.

Стандарты или технические директивы, таким образом, представляют собой общедоступную базу знаний с обобщенными, взвешенными и признанными полезными знаниями. Благодаря им пользователь может использовать общую базу знаний и разрабатывать единые представления о качестве. Данное свойство имеет очень большое значение для экономики, которая подвержена глобализации, а также при продолжающемся процессе аутсорсинга. Чем значительнее стандарты отражают уровень знаний конкретной отрасли, тем большую важность для экономики они имеют. При решении определенного круга задач, для того чтобы заново не «изобретать колесо», необходимо разработать специфичные для конкретного предприятия стандарты, которые при этом будут основаны на общепринятых стандартах. Во время применения актуальных стандартов компании получают «минимально необходимый импульс для движения вперед» [1]. Экономическая польза от использования актуальных стандартов очевидна: они помогают предприятиям быстрее достигать прибыльности. Это основная причина того, что отраслевое объединение американской электронной промышленности IPC (Institute for Printed Circuits — Институт печатных плат, теперь Association Connecting Electronics Industries — Ассоциация, объединяющая электронную промышленность) активно разрабатывает стандарты для данной отрасли промышленности ещё с момента своего образования. В соответствии с точным описанием в брошюре организации DIN, техническая стандартизация представляет собой «задачу самоуправления заинтересованных в этом кругов с включением государственных структур», иначе говоря, задачу самих предприятий электронной промышленности. Руководство IPC понимает, что современные системы стандартов нужно постоянно обновлять и дорабатывать под управлением отраслевого объединения. Это указывает на важную роль, которую может играть функционирующее отраслевое объединение для электронной промышленности своей страны и за ее пределами.

Ассоциация IPC с офисом в Баннокбурне, штат Иллинойс, США, была основана в 1957 году. После 50-летнего существования организации, в 2007 году, ее члены смогли оценить положительное развитие IPC. На данный момент — это промышленное объединение насчитывает более 2500 компаний-членов в 54 странах по всему миру. При этом, чаще всего в Азии возрастает количество компаний-членов и

самих предприятий, которые используют стандарты IPC в основе своей деятельности [2].

Целенаправленные действия IPC нацелены на идею стать признанным ведущим объединением отрасли производства электроники. Разработка стандартов — это одна из самых важных областей сферы деятельности для достижения требуемой цели. В зависимости от целесообразности, при разработке новых документов IPC сотрудничает с многими международными и национальными объединениями отраслей. Во-первых, это находящиеся в США промышленные объединения JEDEC, EIA и WHMA. Для большинства производителей электронных компонентов, JEDEC и EIA стали «родными», потому что проблематика создания электронных компонентов оказывает высокое влияние на изготовление и проектирование электронных узлов. Но и японское объединение производителей печатных плат JPCA также относится к партнерам IPC. В каталоге (Publications Catalog) нумерация стандартов дает понять, какое объединение участвовало в совместной разработке конкретного документа. Текущий каталог содержит краткое описание и указания более чем 300 стандартов и справочников. Однако, последние чаще всего являются переводом содержания стандартов. В частности, IPC-HDBK-840 Solder Mask Handbook — представляет собой перевод стандарта IPC-SM-840D.

Отличным примером глобализации использования стандартов IPC служит стандарт IPC-A-610D [3] «Критерии приемки электронных сборок». Оригинальная англоязычная версия D до августа 2008 года была переведена на 13 языков: немецкий, китайский, итальянский, испанский, шведский, финский, датский, французский, румынский, японский, вьетнамский, русский и польский. Сопоставляя языковое отношение переводов с различными регионами мира, становится очевидно, что стандарт IPC-A-610D (актуальная версия на английском языке и переводы) покрывает немалую часть мира и в ближайшее время станет международным стандартом (таблица 1).

Таблица 1 – Регионы применения переводов стандарта IPC-A-610D

Регион	Язык
Северная Америка	английский
Южная и Центральная Америка	испанский
Западная Европа	датский, немецкий, английский, финский, французский, итальянский, шведский, испанский

Восточная Европа	польский, румынский, русский
Азия	китайский, японский, вьетнамский
Ближний Восток (Израиль)	английский

Немецкое отраслевое объединение по производству и проектированию электронных модулей и печатных плат — FED (Fachverband Elektronik Design e.V.) — располагается на одном из первых мест по количеству переводов (14) самых важных стандартов IPC. В дополнение к ним также была переведена документация для сертификации и обучения сотрудников предприятий в соответствии со стандартом IPC-A-610D (CIT = Certified IPC Trainer и CIS = Certified IPC Specialists). Проблематика переведенных стандартов содержит в себе процессы изготовления электронных модулей и, таким образом, позволяет немецким предприятиям использовать полный ассортимент документов IPC. Больше всего это важно для сотрудников, у которых нет возможности надёжно использовать англоязычные оригиналы документов из-за их уровня владения техническим английским языком. Для новых же сотрудников, работающих до этого в другой отрасли, это облегчает начальное применение стандартов IPC.

Цель IPC — это создание полной системы стандартов, которая начинается от проектирования и ламинатов, а заканчивается конечным электронным узлом. Отдельные стандарты для проектирования, ламинатов, изготовления электронных узлов и печатных плат по доработке и ремонту были разработаны, используя принцип конструктора. Эти стандарты «надстраиваются» или частично внутри определенной технической темы, или в цепочке производства электроники. Здесь используется двумерный принцип базовых направлений: для каждого конкретного шага создания электронного узла разрабатывается серия стандартов, а в её главе находится документ с общими требованиями относительно этой темы (проектирование, ламинаты и т. д.). Дальнейшие стандарты, посвященные определенным темам, продолжают эти основные или базовые документы иерархически. Вследствие этого создается серия стандартов.

Усилия IPC нацелены на то, чтобы согласовать содержание документов разных серий стандартов с соответствующими им этапами создания электронных модулей. При учете этих взаимосвязей необходимо по возможности применять стандарты IPC для того, чтобы извлечь из них максимальную пользу. Но в то же время это требует полного знания системы стандартов IPC.

В основу стандартов IPC положено разделение готовых электронных приборов на 3 класса:



Класс 1: бытовая электроника — General Electronic Products.

Класс 2: промышленная электроника — Dedicated Service Electronic Products.

Класс 3: специальная электроника — High Performance Products.

Для авиационно-космической и военной техники нередки случаи, когда недостаточно высоких требований к электронике третьего класса. В силу этого несколько лет назад IPC добавила фактически новый класс — 3+. На базе данного расширения IPC начала дополнять особыми документами важные базовые направления, среди которых и визуальные критерии приемки [4].

Например, стандарт IPC-6012B Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards дополнили специальным разделом «Спецификация класса электроники для космической и военной авиационной техники» уже в 2004 году. Расширение классом 3+ класса 3 в стандартах обычно происходит постепенным официальным замещением стандартами IPC военных стандартов министерства обороны США.

Анализируя находящиеся на стадии разработки новые стандарты и документацию для обучения и, помимо этого, уже готовые новые документы, можно увидеть, что область деятельности IPC расширяется в граничную область между проектированием и схемотехникой, а кроме этого - в сторону конечного монтажа приборов (Box Build). Больше всего это касается определенных, конкретных тем, которые находятся в нейтральной зоне с точки зрения стандартизации, и есть вероятность, что другие организации обрабатывают их недостаточно гибко и актуально, а это является важной частью для эффективного проектирования приборов и электронных узлов. Примеры:

IPC-9591 Performance Parameters for Air Moving Devices (год издания: 2006).

IPC-2612 Sectional Requirements for Electronic Diagramming Documentation (Schematic and Logic Descriptions) (год издания: 2009).

Начиная ещё с 1997 года, в соответствии с методикой ANSI (American National Standards Institute — Американский национальный институт стандартов) IPC создаёт новые стандарты. ANSI является главной государственной организацией по стандартизации в США. Таким образом, IPC хочет гарантировать какой-то определенный минимальный уровень качества своих стандартов: все важные документы проходят дополнительную сертификацию в ANSI после разработки.

Для того, чтобы выполнить свою стратегию глобализации, IPC в последнее время обновляет самые важные основные стандарты с

регулярностью в 2–3 года, согласно актуальному уровню технического развития. В большинстве случаев это успешно происходит. В пример можно привести стандарты IPC-J-STD-001, IPC-A-610D.

На интернет-страницах IPC в Status of Standardization можно ознакомиться со всей информацией об актуальных состояниях разработки новых документов [2].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Духовный Л.М., Иванов М.Б., Мороз В.Г. Стандартизация и сертификация. Учебное пособие. М. МГИУ. 2008. С. 116.
2. Поляков В. Конференция IPC в России – теория и практика. Технологии в электронной промышленности. 2014. №7. С. 13–16.
3. Ефремов А.А. Стандарт IPC-A-610D «Критерии приёмки электронных сборок». Информационный бюллетень «Поверхностный монтаж». 2008. №3. С. 22–25.
4. Теория проектирования бортовых систем управления мобильными роботами, обладающих свойством живучести: монография / В. Г. Рубанов, И. А. Рыбин, А. Г. Бажанов [и др.]. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 211 с.