

«ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ – 2021» (ВЕСЕННЯЯ СЕССИЯ)

**Сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов**

(Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 22 апреля 2021 г.)

**и XL Научно-технической конференции молодежи
АО «ИЭМЗ «Купол»**

(Ижевск, ИЭМЗ «Купол», 23 марта 2021 г.)

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

«ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ – 2021» (ВЕСЕННЯЯ СЕССИЯ)

*Сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов
(Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 22 апреля 2021 г.)
и XL Научно-технической конференции молодежи
АО «ИЭМЗ «Купол»
(Ижевск, ИЭМЗ «Купол», 23 марта 2021 г.)*



Издательство УИР
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2021

УДК 62(06)
В93

Редакционная коллегия

Копысов А. Н., канд. техн. наук, проректор по научной и инновационной деятельности ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (председатель)

Шляев С. А., д-р техн. наук, профессор кафедры «АМО», заведующий базовой кафедрой «Конструирование и технология производства» при АО «ИЭМЗ «Купол»

Щенятский А. В., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Мехатронные системы»

Шишаков К. В., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Радиотехника»

Дегтева О. А., начальник управления научно-исследовательских работ

Тюрин А. П., заместитель начальника управления научно-исследовательских работ

Домбрачев А. Н., начальник отдела интеллектуальной собственности

Гуменюк А. Н., начальник отдела инновационного развития

Мурашов С. А., доцент кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики»

Кайсина И. А., заведующая научно-образовательной лабораторией

«Беспилотные системы», председатель совета молодых ученых

Абрамова А. А., доцент кафедры «Водоснабжение и водоподготовка»

Волкова Л. В., доцент кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики»

Седова А. В., доцент кафедры «Архитектура»

Чернышев К. С., начальник отдела разработки, внедрения и сопровождения информационных систем управления информатизации;

Пигалев С. А., директор бизнес-инкубатора

«Выставка инноваций – 2021» (весенняя сессия) : сборник материалов
В93 XXXI Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов (Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 22 апреля 2021 г.) и XL Научно-технической конференции молодежи АО «ИЭМЗ «Купол» (Ижевск, ИЭМЗ «Купол», 23 марта 2021 г.). – Ижевск : Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – 283 с. – 10,4 МБ. – Текст электронный.

ISBN 978-5-7526-0917-6

Первый раздел сборника состоит из материалов докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XXXI Республиканской выставке-сессии студенческих инновационных проектов в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» 22 апреля 2021 г. Проекты докладчиков выполнены в широком спектре приоритетных направлений развития науки и техники. Часть материалов, представленных в сборнике, отражают результаты научно-инновационной деятельности молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова за последние годы.

Второй раздел сборника состоит из материалов докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XL Научно-технической конференции молодежи, проходившей 23 марта 2021 г. на АО «ИЭМЗ «Купол» в рамках студенческой секции.

Мероприятия проводились в рамках Года науки в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

УДК 62(06)

ISBN 978-5-7526-0917-6

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021
© Оформление. Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова, 2021

Раздел 1
**«ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ – 2021»:
ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ИЖГТУ имени М. Т. КАЛАШНИКОВА**

УДК 004.94:629.735.4

И. В. Басов, студент, demon_cuc@mail.ru
С. М. Хуссин, аспирант
В. Г. Суфиянов, доктор технических наук, профессор
ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова

Трехмерная визуализация движения гексакоптера в среде Unigine

Рассматривается математическая модель движения гексакоптера в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Реализован метод Рунге – Кутты для решения системы дифференциальных уравнений. Проведен анализ программных средств для визуализации движения гексакоптера и выбрана мультиплатформенная система трехмерной визуализации Unigine, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с другими программными средствами. Разработан программно-вычислительный комплекс моделирования и трехмерной визуализации движения гексакоптера.

Ключевые слова: трехмерная визуализация, гексакоптер, математическое моделирование, программно-вычислительный комплекс.

Введение

Современный мир имеет достаточно высокий уровень развития компьютерных технологий, что позволяет создавать системы моделирования и трехмерной визуализации для решения различных современных задач, не прибегая к опасным и дорогостоящим экспериментам в реальном мире.

В данной работе представлены результаты разработки программно-вычислительного комплекса математического моделирования и визуализации движения гексакоптера с использованием универсальной среды разработки трехмерных проектов Unigine [1].

Математическая модель гексакоптера и методы ее решения

Для трехмерной визуализации движения гексакоптера необходимо составить математическую модель. В данной работе для описания движения гексакоптера используется следующая математическая модель [2, 3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{u} = -\frac{k_t}{m}u + g \sin(\theta) - (qw - vr) + \frac{F_{d1}}{m}, \\ \dot{v} = -\frac{k_t}{m}v + g \sin(\varphi)\cos(\theta) - (ru - pw) + \frac{F_{d2}}{m}, \\ \dot{w} = \sum_{i=1}^6 |T_i| - \frac{k_t}{m}w + g \cos(\varphi)\cos(\theta) - (pv - qu) + \frac{F_{d3}}{m}, \\ \dot{p} = -\frac{\sqrt{3}}{2J_x}l(|T_3| - |T_4| - |T_5| + |T_6|) - \frac{k_r}{J_x}p - qr \frac{(J_z - J_y)}{J_x} + \frac{M_{d1}}{J_x}, \\ \dot{q} = -\frac{1}{2J_y}l(|T_3| - |T_4| + |T_5| - |T_6| + 2|T_1| - 2|T_2|) - \frac{k_r}{J_y}q - pr \frac{(J_x - J_z)}{J_y} + \frac{M_{d2}}{J_y}, \\ \dot{r} = -\frac{\rho C_Q AR^3}{J_z}l(\omega_1^2 + \omega_4^2 + \omega_6^2 - \omega_2^2 - \omega_3^2 - \omega_5^2) - \frac{k_r}{J_z}r - pq \frac{(J_y - J_x)}{J_z} + \frac{M_{d3}}{J_z}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где u, v, w определяют вектор линейной скорости $V = [u, v, w]^T$; p, q, r – вектор угловой скорости $\Omega = [p, q, r]^T$; φ, θ – углы крена и тангажа, определяющие угловое положение корпуса гексакоптера по отношению к инерционной системе координат; m – масса гексакоптера; k_t – постоянная аэродинамической силы; g – гравитационная постоянная; T_i и ω_i – осевые и угловые моменты двигателей, $i = 1, 2, \dots, 6$; J_x, J_y, J_z – инерционные моменты твердого тела вдоль осей x, y, z ; k_r – постоянная аэродинамического момента; l – расстояние от центра тяжести до центров двигателей; C_Q – коэффициент крутящего момента двигателя; ρ – плотность воздуха; A – площадь диска; R – радиус диска; $F_{dist} = [F_{d1}, F_{d2}, F_{d3}]^T$ – возмущающие силы; $M_{dist} = [M_{d1}, M_{d2}, M_{d3}]^T$ – возмущающие моменты.

Таким образом, модель движения гексакоптера (1) – это система обыкновенных дифференциальных уравнений с учетом управляющих параметров и внешних факторов, влияющих на движение гексакоптера.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений (1) с заданными начальными условиями представляет собой задачу Коши вида

$$\dot{y} = f(t, y), \quad y(t_0) = y_0. \quad (2)$$

Численное решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений (2) находится методом Рунге – Кутты четвертого порядка [4]:

$$\begin{aligned}
k_1 &= f(x_n, y_n), \\
k_2 &= f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1\right), \\
k_3 &= f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2\right), \\
k_4 &= f(x_n + h, y_n + hk_3), \\
y_{n+1} &= y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4).
\end{aligned} \tag{3}$$

Численное решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений позволяет определить динамику движения гексакоптера при заданных управляющих параметрах. Результаты численного решения передаются в разрабатываемый программный комплекс и отображаются с использованием одной из систем трехмерной визуализации.

Обзор мультикоптеров

Анализ публикационной активности на сайте eLibrary по теме, связанной с мультикоптерами, показывает, что наиболее популярным из них является квадрокоптер. Тематика работ, связанная с квадрокоптером, содержит более 1000 публикаций, в то время как по гексакоптерам – 58. Это связано с тем, что среди многообразия мультикоптеров наиболее доступным аппаратом является квадрокоптер. Гексакоптеры являются более сложными устройствами и используются для решения промышленных задач. Такие аппараты больше весят и менее маневренны, а поэтому являются не самым хорошим вариантом для любительского использования [5]. Отличие шестивинтовой модели от квадрокоптера заключается в повышенной мощности аппарата, более высокой скорости и грузоподъемности. Самые продвинутые модели летают со скоростью 100...110 км/ч и преодолевают расстояние до 12 км.

Гексакоптеры, как и другие беспилотники, выпускаются разного размера и назначения. Крупные гексакоптеры используются как грузовые дроны, некоторые из них поднимаются выше, чем обычные квадрокоптеры, и переносят до 25...30 кг. Такие беспилотники могут быть оснащены двигателями внутреннего сгорания. В полете они способны проводить больше времени, чем аппараты с батареями. В некоторых моделях устанавливаются дублирующие навигационные системы, позволяющий мультикоптеру облетать препятствия и возвращаться в место запуска при потере сигнала с пульта управления [6].

В качестве объекта моделирования беспилотного летательного аппарата был выбран гексакоптер, поскольку в большей степени нас интересует решения промышленных задач.

Имитационное моделирование движения гексакоптера дает возможность изучить его поведение, уменьшив количество дорогостоящих экспериментов в реальном мире.

Управление гексакоптера посредством радиосвязи обычно включает в себя передатчик, или пульт, и приемник. При более детальном рассмотрении для

взаимодействия с беспилотного летательного аппарата пользователю необходимо как минимум четырехканальный передатчик. По умолчанию первые четыре канала связаны с движением коптера в пространстве. Все остальные имеющиеся каналы можно задействовать для любых других дополнительных действий.

Гексакоптер состоит из следующих составных элементов (рис. 1) [5]:

- шестилучевая рама с возможными дополнительными установками;
- 6 моторов;
- 6 несущих винтов, иногда с защитой этих винтов;
- электронные контроллеры скорости(ESC);
- аккумулятор;
- полетный контроллер.



Рис. 1. 3D-модель гексакоптера

Электронный контроллер скорости позволяет полетному контроллеру управлять скоростью и направлением вращения мотора. Большинство ESC в беспилотном хобби позволяют мотору вращаться только в одном направлении, однако с правильной прошивкой они могут работать в обоих направлениях.

Полетный контроллер – это некоторая плата, имеющая на себе центральный процессор, память, дополнительные порты ввода/вывода, аналого-цифровой преобразователь.

Также некоторые полетные контроллеры оснащены специальными сенсорами или их комбинациями: акселерометр, гироскоп, инерционный измерительный блок, магнитометр, барометр, GPS, датчик расстояния [5].

Выбор технологии трехмерной визуализации движения гексакоптера

Трехмерная геометрическая модель гексакоптера создавалась с использованием специализированной программы создания и редактирования трехмерных объектов Blender.

Анализ систем технологий визуализации показал, что на рынке программного обеспечения 3D-моделирования наибольшими возможностями для решения поставленной задачи обладают две программы – Neo Axis [7] и Unigine [1].

Neo Axis и Unigine – универсальные среды разработки 3D- и 2D-проектов, таких как компьютерные игры, визуальные тренажеры, системы виртуальной реальности, визуализация процессов, а также оконных приложений.

Основной особенностью Neo Axis является то, что эта платформа с открытым исходным кодом, современной архитектурой и дизайном редактора, встроенным C# редактором и визуальным скриптованием.

В отличие от первой программы Unigine является мультиплатформенной средой разработки 3D- и 2D-проектов, т. е. с помощью средств Unigine имеется возможность создания приложений в операционных системах Windows и Linux. Он также используется для создания игр, систем виртуальной реальности, программ интерактивной визуализации, различных трехмерных имитаторов.

Обе программы имеют условно бесплатную лицензию, но Unigine имеет ряд ограничений. Были опробованы обе программы, но для визуализации выбрана Unigine. Главный минус свободно распространяемой версии Unigine – это вычисления с 32-битной точностью, в то время как в Neo Axis 64-битная точность по умолчанию. Для получения той же точности в Unigine необходимо приобрести лицензию Engineering или Sim. Unigine оказался более прост в освоении, также официально у Unigine есть бесплатные видеоуроки, список которых постоянно пополняется. Также имеются обучающие видео от сообщества на нескольких языках, включая русский. Имеется полная поддержка языков программирования C# и C++, а также свой скриптовый язык Unigine Script. Также отличительной особенностью Unigine является возможность рендеринга высококачественных изображений и видеороликов.

Разработка программно-вычислительного комплекса моделирования и визуализации движения гексакоптера

Средствами Unigine в среде MS Visual Studio 2019 на языке программирования C# был разработан программно-вычислительный комплекс (рис. 2) моделирования движения гексакоптера по модели (1) и определены связи между параметрами математической и геометрической моделей.

Разработанный программно-вычислительный комплекс предназначен для численного моделирования и трехмерной визуализации движения гексакоптера с учетом влияния внешних сил и моментов. Дальнейшее использование разработанного комплекса связано с реализацией модуля управления динамикой гексакоптера при наличии стохастических возмущений с марковскими скачками [8].

Заключение

В ходе выполнения работы реализована математическая модель, описывающая движение гексакоптера. Проведен анализ программных средств и выбрана среда моделирования, визуализации и разработки трехмерных проектов. Определены связи между параметрами математической и геометрической моделей, разработан программно-вычислительный комплекс моделирования и трехмерной визуализации движения гексакоптера.



Рис. 2. Программный комплекс моделирования и визуализации движения гексакоптера

Список использованных источников

1. Unigine // Unigine. 2005–2021. – URL: <https://unigine.com/ru/> (дата обращения: 01.04.2021).
2. *Ibrahim, I. N.* Modeling and predictive control of nonlinear coupled and underactuated dynamics of a hexacopter // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2016. – № 4 (72). – С. 35–38.
3. *Ibrahim, I. N.* Designing a real mathematical model of a hexacopter in the inertial frame // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. – № 1 – С. 91–94.
4. *Вержбицкий, В. М.* Основы численных методов : учебник для вузов. – Москва : Высшая школа, 2002. – 840 с.
5. ДроноМания. – 2021. – URL: <https://dronomania.ru> (дата обращения: 02.04.2021).
6. Digboxdji. 2014–2021. – URL: <https://digbox.ru> (дата обращения: 02.04.2021).
7. NeoAxis. – 2008–2021. – URL: <http://www.neoaxis.com> (дата обращения: 02.04.2021).
8. *Хуссин, С. М.* Разработка программно-вычислительного комплекса моделирования движения гексакоптера при наличии стохастических возмущений с марковскими скачками / С. М. Хуссин, В. Г. Суфиянов // Выставка инноваций – 2020 (осенняя сессия) : сборник материалов XXX Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, 2021. – С. 221–226.

А. В. Булат, магистрант, anastasiashemer@mail.ru
И. А. Пудов, кандидат технических наук, доцент, pudovia@yandex.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Пластичность напечатанного трехмерного бетона, армированного стальными волокнами

Рассматриваются преимущества и недостатки, которые могут возникнуть в ходе аддитивного производства бетона в области строительства. Также раскрыт потенциал сталефибробетона при 3D-печати, рассмотрена геометрия, структурные характеристики 3D-печати бетоном и укладка филамента. В статье представлены экспериментальные исследования и рассмотрена эволюция данного метода.

Ключевые слова: аддитивное производство, 3D-печать бетона, технология печати, строительство, стальное волокно, численное моделирование.

Введение

В последнее время исследователями было представлено несколько инновационных концепций, которые обеспечивают гибкость и способность к растяжению печатного бетона в автоматическом режиме, в том числе роботизированное размещение арматурной сетки и автоматически вводимой арматуры кабеля.

Очевидной стратегией для решения этой проблемы является включение волокон в материал для печати. В обычной бетонной конструкции стекло, сталь, полимеры и другие волокна использовались для нескольких целей, например, для уменьшения растрескивания при усадке и для избавления от необходимости использования обычных арматурных стержней. В таком конструктивном качестве обычно используются стальные волокна. Сталефибробетон особенно удобен в тех случаях, когда трудно применять обычную арматуру, чаще, когда требуется высокий коэффициент армирования, например, в тонких и геометрически сложных элементах или в областях с высокой концентрацией нагрузки.

В данной статье рассматриваются структурные характеристики сталефибробетона, применяемые в процессе моделирования расплавленного осаждения и вопросы моделирования, касающиеся модели материала и соответствия между числовыми и экспериментальными результатами.

Использование конструкционных волокон в печати бетона

Средство трехмерной печати бетоном схематично показано на рисунке 1. Стальные волокна нельзя вносить в сухую смесь, поскольку в установке используется роторно-статорный насос с резиновой футеровкой и узкими полос-

тями, который не может пропускать такие волокна без повреждения насоса, поэтому было разработано дополнительное устройство, способное вносить волокна (№ 6 на рис. 1).

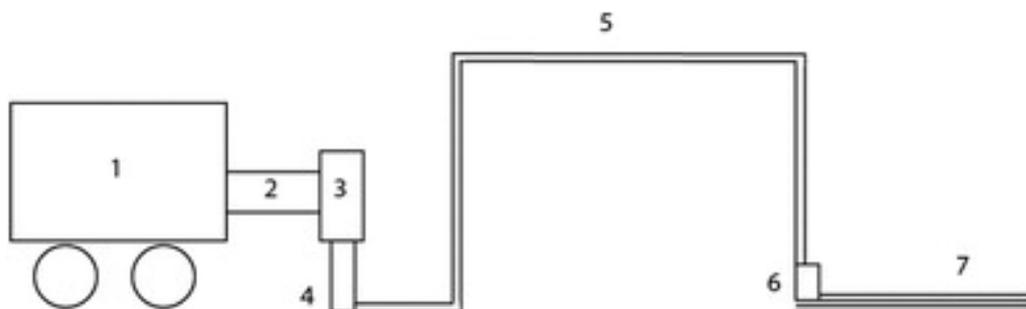


Рис. 1. Схематическое представление настройки

В данном исследовании использовались короткие шестимиллиметровые прямые волокна, так как они не оказывают существенного влияния на обрабатываемость и могут проходить через отверстие сопла без засорения [1].

Конструктивные характеристики бетона, армированного прямыми стальными волокнами

Исходя из полученных данных бетон нормальной прочности с короткими прямыми стальными волокнами будет демонстрировать повышенную прочность на разрыв из-за замедленного развития макротрещин.

Кроме того, сильное размягчение деформаций после образования трещин должно быть последовательным, так как адгезия матрицы волокон недостаточна для создания сопротивления растяжению в порядке величины прочности волокна. Увеличенная прочность на растяжение, вязкость разрушения и деформация разрушения могут быть полезными для многих практических применений и улучшать характеристики конструкции в статически неопределимых конструкциях.

Эксплуатационные характеристики фибробетона зависят от свойств волокна, матрицы, а также от комбинации матрицы и волокон. Сопротивление волокна определяется вытягиванием, а не сдвигом, как для обычных арматурных стержней.

Несколько исследований обнаружили увеличение сопротивления до 20 % для углов наклона до 60° , в то время как в других исследованиях обнаружено снижение сопротивления, приводящее к 50 % при 60° . Однако сопротивление разрушению и поглощение энергии уменьшаются при углах наклона более 30° при поддержке исследования влияния магнитной ориентации волокон. После поправки на фиксированное ограниченное значение проскальзывания волокна несколько исследований показывают, что оптимальное сопротивление вытягиванию достигается при углах $10...15^\circ$.

Для оценки структурных характеристик фибробетона исследователи предложили использовать тест смещения раскрытия (CMOD). Этот тест называется измерением прочности на изгиб при растяжении.

В этом стандартизированном испытании на изгиб в трех точках происходит увеличение ширины надреза в балке, известное как трещинное отверстие, измеряется во время приложения нагрузки и используется для получения значения прочности на растяжение.

Наличие выемки устраняет краевые эффекты и обеспечивает развитие одной локализованной трещины. Однако это влияет на сопротивление изгибу по сравнению с образцами без надрезов. В отличие от бетона без волокон, где выемка вызывает пиковое напряжение, которое приводит к более раннему разрушению, выемка оказывает благоприятное воздействие на сталефибробетон [2].

Другие исследования показали менее выраженные результаты для фибробетона с прямыми волокнами - в них использовался тест с надрезом. Благодаря практической ценности предсказуемого местоположения трещины получил широкое признание.

В этом исследовании экспериментальные испытания были выполнены на литых образцах фибробетона определенного размера, а также на литых и напечатанных образцах фибробетона, уменьшенных с коэффициентом 0,27, чтобы соответствовать шкале.

Мелкие образцы имеют тенденцию демонстрировать более высокое сопротивление, поскольку скорость выделения энергии деформации, которая определяет рост трещин в хрупких материалах, в таких образцах меньше. Исследователи А. Хиллербор, А. Модир и А. Петерссон отметили, что эффект масштаба более выражен в бетоне высокой прочности, чем в бетоне нормальной прочности. Это связано с повышенной хрупкостью. Кроме того, увеличение размера привело к снижению характеристик изгиба, но увеличение объемного содержания волокна уменьшило чувствительность к этому эффекту в сталефибробетоне и аморфном металлическом фибробетоне. В бетонах с более высокой пластичностью размерный эффект полностью исчезает.

Другая группа исследователей не обнаружила влияния размера на ряд испытанных балок из сконструированного цементного композита без волокон и с обычным армированием. Еще одна группа исследователей пришла к выводу, что размерный эффект в фибробетонных балках мал. Учитывая, что эффект масштаба связан с выделением энергии деформации и поверхностной энергией разрушения, это соответствует ожиданиям [3].

Был сделан вывод, что пока длина волокна и размер заполнителя совместимы с пресс-формой, предлагаемое уменьшение масштаба было допустимым.

Экспериментальная установка и серия испытаний

Было выполнено 3 испытания СМОД: на литых, полноразмерных образцах; на литых, уменьшенных образцах и на печатных уменьшенных образцах. Для каждого теста был протестирован один набор образцов без волокон и один набор с волокнами. За исключением одного, каждый набор состоял из 3 экземпляров. На рисунке 2 схематически показаны типы образцов, а на рисунке 2, 3a – детали экспериментальной установки. На рисунке 2, 3b напечатанный образец показан во время тестирования в уменьшенной версии тестовой установки.

Во всех тестах СМОД измеряли с помощью зажима, а вертикальное смещение – с линейным переменным дифференциальным трансформатором.

Испытания проводились на универсальной испытательной установке Instron, контролируемой смещением отверстия горловины трещины, которое устанавливалось на уровне 0,05 мм/мин до достижения предельного значения, равного 0,1 мм, а затем повышалось до 0,2 мм/мин. Испытания были остановлены при повреждении образца (без волокна) и при достижении значения ≥ 4 мм (с волокном) [4].

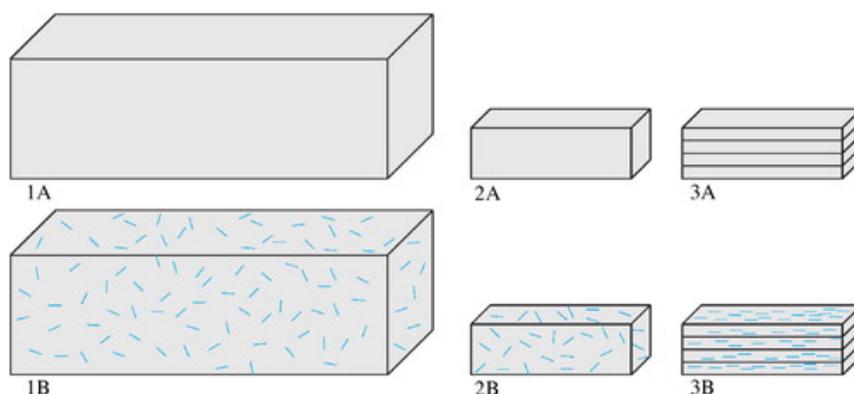


Рис. 2. Схематическое сравнение типов образцов: 1а – полная шкала, литая, без волокон; 1б – полная шкала, литая, волокна; 2а – уменьшенная окалина, отливка, без волокон; 2б – уменьшенная окалина, литая, волокна; 3а – уменьшенная шкала, напечатанная, без волокон; 3б – уменьшенная шкала, напечатанная, волокна

Все образцы были подготовлены с использованием печатного раствора Weber 3D 115-1. Эта смесь была специально разработана для процесса 3D-печати компанией Sain Gobain Webe rBeamix.

Подготовка образца

Материал для тестов 1 и 2 смешивали в стандартном гравитационном смесителе с соотношением вода/смесь = 0,2. Первоначально заполненная форма была заполнена на 90 % и уплотнена в течение 10 с на вибростоле, после чего были добавлены оставшиеся 10 %, и образец снова уплотнялся в течение 10 с. Далее верхняя часть образца была выскоблена.

Образцы извлекли через 24 ч и хранили под водой до конца периода отверждения. Насечка наносилась пилой за день до испытания. Образцы были испытаны в течение 28 дней.

Печатные образцы для третьего теста готовили с помощью бета-версии – устройства для добавления волокон: волокна были добавлены к смеси, которая была приготовлена по аналогии с тестом 2. Далее влажную смесь с волокнами вводили в устройство с винтовым насосом, которое было соединено со шлангом и соплом для печати, оно вручную перемещалось над пластиной для осаждения – для создания слоистых образцов способом, аналогичным автоматизированному процессу трехмерной печати бетоном [5].

Образцы хранились под водой после первоначального отверждения и распиливались до нужного размера перед испытанием.

Результаты эксперимента

Добавление волокон значительно увеличивает прочность на изгиб. Это увеличение наиболее заметно для печатных образцов, у которых оно в два раза выше, чем у литых полноразмерных образцов, достигая более 500 %. Это происходит из-за низкой прочности на изгиб печатных образцов без волокон, что составляет около половины прочности литых образцов.

Во всех случаях волокна вносят в образцы остаточную прочность, которая является незначительной по сравнению с другими композициями из армированного волокном бетона, но значительно улучшается по сравнению с бетоном без использования волокон. Полученное поведение после разрушения сильно размягчается до такой степени, что классификация по Фибоначчи становится невозможной из-за масштаба.

Увеличение изгибной и остаточной прочности также приводит к увеличению удельной энергии разрушения в > 30 раз в литых натуральных элементах, до коэффициента > 100 для уменьшенных образцов.

Ориентация волокон, вызванная процессом печати, не имеет положительного или отрицательного эффекта по сравнению со случайно ориентированными волокнами для тестируемого направления.

Таким образом, добавление волокон к печатному бетону показывает значительные преимущества. Это устраняет отрицательный эффект отсутствия уплотнения. Даже при том, что поведение материала размягчается от деформации, увеличение прочности на изгиб и энергии разрушения имеет преимущества в использовании, особенно для вторичных структурных применений (например, элементов фасада) и соединений.

Это исследование показало, что прочность на изгиб литых образцов без волокон была снижена для небольшой серии. Возможно, это вызвано геометрией и точностью надреза, который оказал большее влияние на меньшие образцы. Для отлитых образцов с волокнами также было обнаружено снижение.

Образцы, армированные волокном, практически не проявляют эффекта масштаба в отношении удельной энергии разрушения, поскольку ее значение в основном определяется поведением после разрушения. Отметим, что краевые эффекты в экспериментальных испытаниях влияют на выделение энергии деформации, которая приводит к росту трещины на расстоянии, известном как длина связки [6].

Даже несмотря на то, что напечатанный сталефибробетон демонстрирует сильные характеристики разупрочнения, повышенная прочность на растяжение и предельная деформация могут быть полезны при конструктивных применениях, например, при моделировании конструктивных соединений. Сочетание изотропного повреждения и пластичности является часто используемой основой моделирования для описания сложной нелинейной реакции бетона.

Выдвинуто предположение, что деформация постоянна вдоль полосы трещины. Это предположение справедливо для конечных элементов более низкого порядка и для частных случаев симметрии [7].

Таким образом, представленный метод численного моделирования приводит к моделированию теста СМОД до умеренной степени после разрушения. Чтобы улучшить описание в постпиковом отклике, необходимо создать основную модель на данных, полученных в результате одноосных испытаний на растяжение, и последовательно использовать более специализированные модели повреждений.

Вывод

Влияние добавления коротких прямых стальных волокон на характеристики разрушения печатного раствора Weber 3D 115-1 было изучено в ходе нескольких испытаний СМОД на литом и печатном бетоне в различных масштабах. Исследования показали, что волокна вызывают значительное увеличение прочности на изгиб и устраняют разницу в прочности между литым и печатным бетоном без волокон. В напечатанных образцах наблюдается сильная ориентация волокон в направлении нити накала [8].

Таким образом, классификация характеристик материала, основанная на сокращенной версии стандартизированного теста СМОД, может быть оправдана.

Список использованных источников

1. *Bos F., Wolfs R., Ahmed Z., Salet T.* Ductility of 3D printed concrete reinforced with short straight steel fibers. Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands, 2016. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452759.2018.1548069> (дата обращения: 15.03.2021).

2. *Серков, А. И.* Развитие технологии трёхмерной печати в области строительства // Региональное развитие. – 2019. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/noveyshie-tehnologii-v-stroitelstve-3d-printer> (дата обращения: 14.03.2021).

3. *Мустафин, Н. Ш.* Новейшие технологии в строительстве / Н. Ш. Мустафин, А. А. Барышников // Региональное развитие. – 2017. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/noveyshie-tehnologii-v-stroitelstve-3d-printer> (дата обращения: 15.03.2021).

4. Сталефибробетон для строительной индустрии / С. В. Ключев, Р. В. Лесовик, Э. А. Давыдова, Р. Ю. Лапшин / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2019. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44124145> (дата обращения: 15.03.2021).

5. *Мухаметрахимов, Р. Х.* Аддитивная технология возведения зданий и сооружений с применением строительного трёхмерного принтера / Р. Х. Мухаметрахимов, И. М. Вахитов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnaya-tehnologiya-vozvedeniya-zdaniy-i-sooruzheniy-s-primeneniem-stroitel'nogo-3d-printera> (дата обращения: 15.03.2021).

6. *Матус, Е. П.* Физические основы регулирования и контроля свойств сталефибробетона / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42453293> (дата обращения: 16.03.2021).

7. *Тропищев, Ш. К.* Перспективный способ повышения эффективности сталефибробетона / Ш. К. Тропищев, Ф. Ш. Тропищев / Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, 2018. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35128076> (дата обращения: 16.03.2021).

8. *Бакина, О. А.* Исследование физико-механических свойств сталефибробетона / Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36702350> (дата обращения: 18.03.2021).

К. Г. Булатова, студент, kkkbbb000@mail.ru
В. С. Гаврилова, студент
А. А. Данилова, старший преподаватель кафедры «САиУК»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка приложения для студентов и преподавателей университета, оптимизирующего время

Приводятся сведения о важности обучения в высших учебных заведениях, рассматриваются проблемы, связанные с инфраструктурой вузов. Описывается мобильное приложение fastISTU для студентов и преподавателей ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. Данная инновационная платформа позволяет улучшить механизм института, а точнее оптимизировать время студентов и сотрудников.

Ключевые слова: мобильное приложение, оптимизация времени инфраструктура вуза, цифровизация, концепция fastISTU.

Введение

В современном мире большинство людей хотят иметь хороший уровень жизни, а для этого необходимо постоянно обучаться и развиваться. В докладе «Учиться жить» Международной комиссией по развитию образования говорится, что непрерывное образование – это важнейшая концепция развития личности и общества. Поэтому привычка учиться кажется повседневной. Сейчас одного высшего образования становится мало. Большая часть жизни человека проходит в институте, и чтобы тратить время не на рутинные дела, а на изучение чего-то нового, необходимо создать инновации, ускоряющие процесс, которые позволят инфраструктуре университета развиваться и становиться более комфортной для процесса обучения [1].

Современный мир диктует нам все более быстрый темп жизни. Человек слишком много тратит времени впустую на малополезные дела. Например, ожидание в очереди: по статистике, люди проводят в очередях полгода своей жизни. Это время можно было бы потратить на более нужные и важные дела. К примеру, студенты и преподаватели тратят много времени на поиск расписания, заходя на сайт вуза, на поиск карточки в своей сумке при прохождении через турникет в университете, на ожидание очереди в буфете. Поэтому мы предлагаем новое приложение, оптимизирующее время. Таким образом, актуальность данного приложения заключается в том, что у студентов будет больше времени на учебу, работу, саморазвитие и т. д.

На основе опыта известных университетов можно отметить несколько базовых факторов, которые помогут реализовать данную инновацию. Она заклю-

чается в самоуправлении, мотивации, гибкости, скорости операций. Введение данной информационной платформы в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова позволит улучшить инфраструктуру вуза рационализацией времени и введением новых технологий для более комфортного обучения студентов.

Данные приложения, представляющие собой расписание занятий, есть в некоторых ведущих университетах страны, таких как Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» и Пермский государственный университет. Но в России процесс создания мобильных приложений для вузов только на начальном этапе, в то время как за рубежом вузы считают необходимым выпустить собственное мобильное приложение [2]. Существует организация Blackboard, которая создает вузовские приложения. На данный момент она является самым крупным поставщиком коммерческих систем дистанционного обучения [3].

Конструктор Blackboard обеспечивает следующие возможности:

- новостная лента;
- карта университетского кампуса;
- написание e-mail;
- видеокаталог из видеофайлов, загруженных на официальный канал YouTube;
- подключение к Dropbox;
- расписание занятий;
- календарь университетских событий.

В нашем приложении возможности будут направлены на оптимизацию времени студентов и преподавателей.

Структура мобильного приложения fastISTU будет включать в себя:

- 1) вход в университет через приложение;
- 2) расписание;
- 3) быстрая точка питания с использованием QR-кода.

В приложении для института будет раздел «Вход в университет». По нашим наблюдениям, студенты довольно часто забывают банковские карты, долго ищут их в сумке или портфеле. Мы предлагаем усовершенствовать пропускную систему. Студент может, используя приложение fastISTU, пройти через турникет. Система работы такого пропуска не сложная, и похожие аналоги уже существуют, но они применяются пока только в ЖКХ. Такая система уже есть в нашей стране, которая называется «Умный дом» от Дом.ru [4]. Через систему можно дистанционно открыть входную дверь своего подъезда, при этом используя только телефон.

На рисунке 1 представлено, как работает данная функция, и, таким образом, это будет происходить при входе в корпус в университет.

Чтобы избежать проникновения посторонних лиц в университет, данная система будет работать только тогда, когда телефон студента/преподавателя находится не более 1 м от турникета. Необходимо отметить, что пропускная система по карточкам не отменяется, так как зарядка на телефоне может сесть, и студента возникнут проблемы с входом в университет.

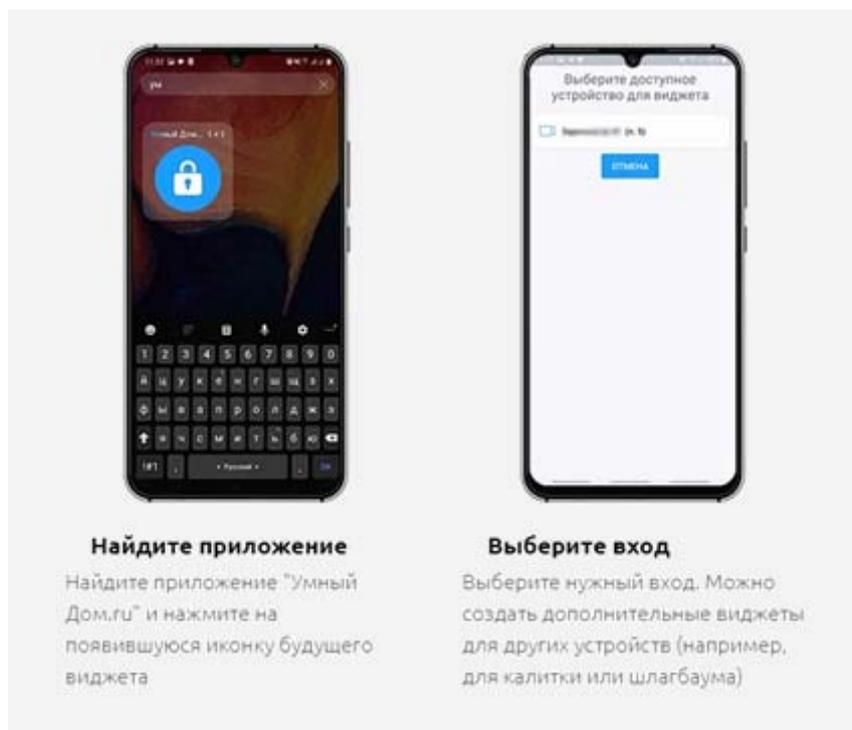


Рис. 1. Приложение «Умный дом» от Дом.ру

Следующий раздел мобильного приложения – это расписание, на поиск которого в данный момент тратится много времени. Студенты обычно пользуются сайтом <https://istu.ru/>, на котором оно размещено. Этот процесс занимает достаточно длительное время, так как нужно загрузить браузер, ввести в поиске сайт вуза, затем найти вкладку расписание занятий и сессий и скачать файл, но файл на некоторых устройствах может не открыться, так как имеет разрешение .xls. В мобильном приложении fastISTU уменьшается количество операций по поиску расписания. Можно просто нажать на отдельную вкладку «Расписание», и оно тут же появится на экране мобильного устройства.

И, наверное, больше всего времени тратится на ожидание очереди в буфет. Для каждого студента это является жизненной необходимостью, так как голодному сложно сконцентрироваться на учебе. Поэтому в нашем приложении один из главных разделов называется «Питание», у которого главная цель – уменьшить время ожидания в очереди. Так как по нашим наблюдениям, особенно в обеденный перерыв, очередь в буфет очень большая, при виде этой ситуации многие студенты разворачиваются и пренебрегают питанием.

Работа раздела питания заключается в следующем: студент в конце пары может зайти в приложение fastISTU, и при нажатии на иконку «Питание» сразу же появляется меню буфета. Он выбирает нужные позиции меню, через какой промежуток времени ему выдать еду, делает заказ и после завершения оплаты онлайн получает личный номер и QR-код заказа. Далее студент подходит к буфету, сканирует QR-код, и сотрудник буфета выдает заказ. Такая система позволит увеличить скорость прохождения очереди и повысить объем продаж и прибыли организации.

На рисунке 2 представлен дизайн приложения.

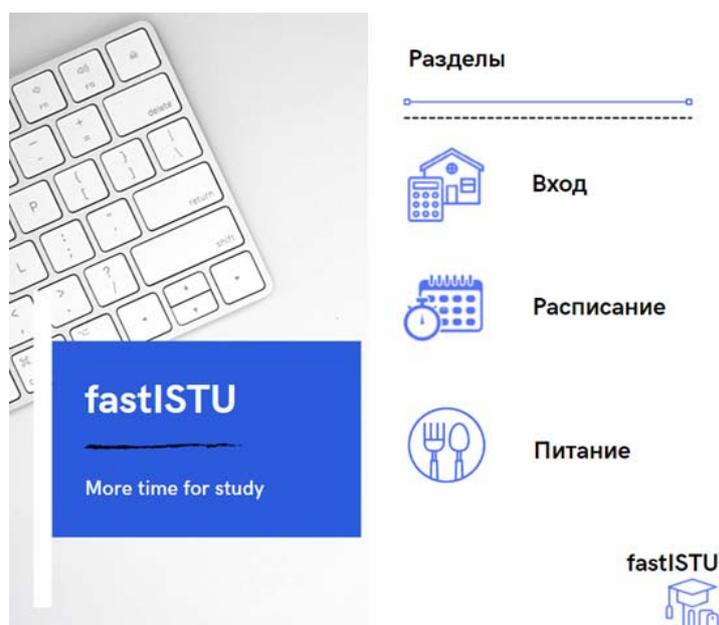


Рис. 2. Приложение fastISTU

Данное приложение можно будет скачать в App Store и Play Market на все мобильные устройства, поддерживающие операционные системы, такие как IOS и Android. В дальнейшем планируется усовершенствование этого мобильного приложения путем добавления следующих разделов:

- новости деканата;
- заметки для напоминания заданий, которые нужно сдать.

Таким образом, благодаря представленным нами мобильным инновационным приложением рационализируется время студентов и института в целом. Что позволяет студенту уделять внимания на учебу и саморазвитие, а также улучшить инфраструктуру вуза. Это новый шаг к современному и комфортному получению образования.

Список использованных источников

1. *Abbas Abdoli Sejzi, Baharuddin Aris, NoraffandyYahaya*. The Phenomenon of Virtual University in New Age: Trends and Changes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, no. 56, pp. 565-572.
2. *Рахимов, Б. К.* Мобильные приложения // *Технические науки: теория и практика* : материалы III Междунар. науч. конф. – Чита : Молодой ученый, 2016, С. 15–16.
3. *Jurva R., Matinmikko-Blue M., Niemelä V.* Architecture and Operational Model for Smart Campus Digital Infrastructure. *Wireless Pers Commun* 113, 2020, pp. 1437-1454.
4. *Крюкова, А. А.* Особенности развития концепции «Умный дом»: российский и зарубежный опыт / А. А. Крюкова, К. О. Шматок // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. – 2019. – № 3 (28). – С. 397–399.

С. И. Гараев, студент

Е. Ф. Вычужанина, кандидат экономических наук, доцент, mim@istu.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка технологии игры для формирования профессиональных компетенций менеджера

Определены требования к содержанию эталонной игры как основы формирования профессиональных компетенций менеджеров. Изучены подходы к формированию профессиональных компетенций, выделены игровые подходы и предложена классификация игровых методик. Активные методы обучения обладают способностью формировать профессиональные навыки менеджеров в игровом формате, который дает возможность участникам погрузиться в виртуальный мир, но с вполне реальными проблемами и задачами.

Ключевые слова: игровые технологии, модель менеджера, профессиональные компетенции.

Введение

В условиях изменяющейся образовательной среды подходы к процессу формирования профессиональных компетенций претерпевают изменения. Основная масса работ посвящена вопросам обучения в условиях цифровизации и индивидуальному подходу к развитию человеческого потенциала [1–3]. Успешность подготовки бакалавров определяется оценкой качества подготовки в образовательном учреждении, при этом такие важные навыки, как социальная компетентность, лидерство, умение быстро принимать решения, коммуникативность, необходимые в работе менеджера и предъявляемые обществом к выполнению работ, не находят отражение в традиционной системе подготовки, что подтверждает актуальность создания механизмов формирования жизненно необходимых и профессиональных управленческих навыков [4].

Формирование профессиональных компетенций менеджера

Анализ литературы показал, что данные навыки можно формировать различными способами – от классических и привычных (школьные дисциплины, занятия в университете) до нестандартных и креативных (бизнес-тренинги, игры, направленные на формирование профессиональных качеств). Изучение подходов к технологии игр, формирующих профессиональные компетенции менеджера, позволили выделить активные методы обучения, такие как бизнес-тренинги, видеоуроки, игротехнические практики, семинары, квизы и др. [5].

Среди активных методов обучения при подготовке менеджеров сделан акцент на игротехнических методиках, которые способны формировать, укреп-

лять и совершенствовать профессиональные компетенции менеджера. Анализ вариантов игр позволил классифицировать типы игровых подходов, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Классификация игровых подходов в образовательном процессе менеджера

Признак классификации	Типы игр
По степени проблемы	Формирующие конкретный навык, репродуктивные, творческие
По способу организации	Предметные; сюжетные; ролевые; эвристические; имитационные; деловые
По роду деятельности	Интеллектуальные; физические; трудовые; социальные
По цели	Обучающие; воспитывающие; контролирующие; диагностические
По предмету	Математические, физические, лингвистические, экологические
По способу коммуникации	Интерактивные / неинтерактивные, открытые / закрытые
По формату	Очные, заочные, выездные, дистанционные
По технологии	Кейсы; квизы; кооперация команды; мозговой штурм и др.
По наличию участников	Индивидуальные, парные, групповые, коллективные, командные

Для реализации каждого вида игры существуют индивидуальные технологии, позволяющие не только воплотить в жизнь интересную игру, но и добиться задуманного результата, направленного на участников.

Классическая структура игры, формирующая профессиональные компетенции игры, изображена в таблице 2.

Таблица 2. Структура классической игры

Содержание	Структура
Сюжет игры	Область действия игры, ее основа
Роли игроков	Персонажи, которыми следует быть участникам в ходе игрового процесса
Взаимосвязь участников	Отношения между игроками
Предмет игры	Объекты, используемые участниками во время игрового процесса
Действие игры	Комбинация ролей, взаимодействия участников, использующих игровые предметы

Анализ технологий проведения игр позволил выделить преимущества игровых технологий в формировании профессиональных компетенций менеджера, а именно:

- рассмотрение жизненных ситуаций в ходе игрового процесса;
- практический опыт решения задач;

- свобода действий (не нарушающая правила игры);
- навыки работы в команде.

Традиционно игры состоят из трех уровней организации – операционного, поведенческого и социологического.

Характеристика уровней организации игр представлена в таблице 3.

Таблица 3. Уровни организации игр

Операциональный	Поведенческий	Социологический
Непосредственно суть игры, ее содержание, правила и цель	Состояние участников и его изменение в ходе игры. Индивидуальные качества, степень азарта, вовлеченности в процесс, психологический портрет и т. д.	Процессы игрового действия. Формы общения между игроками, соперничество, партнёрство, доверие, степень открытости и т. д.

Каждый из уровней отражает разные составляющие игрового процесса.

Анализ игровых технологий позволил сформировать модель стратегии идеальной игры, которая включила в себя ряд особенностей и направлений, наиболее подходящих для формирования профессиональных компетенций опытных и начинающих управленцев. Требования к формированию игр для развития профессиональных качеств менеджера представлены в таблице 4.

Таблица 4. Требования к формированию эталонной игры для формирования менеджерских компетенций

Требования	Показатели
Продолжительность игры	1–2 ч
Возможность изменения хода игры	Да
Стадии игры	– освоение правил; – исследование мира, возможностей; – кульминация; – рефлексия
Количество участников	4–12 чел.
Доступные правила игры	Да
Конкретная цель игры	Да
Взаимодействие игроков	Да
Формирование необходимых профессиональных качеств у игроков	Да

Вывод

Изучение различных игровых методик позволяет сделать следующий вывод: активные методы обучения очень популярны и эффективны в современном мире, поскольку отличаются от классических методов обучения своей способностью формировать профессиональные навыки менеджеров в игровом формате, который дает возможность участникам погрузиться в виртуальный мир, но с вполне реальными проблемами и задачами.

Список использованных источников

1. *Перминова, О. М.* О роли творчества в профессии менеджера / О. М. Перминова, К. О. Иванова // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2018. – № 4 (35). – С. 103–105.
2. *Перминова, Е. А.* Современные подходы к профориентации для студентов направления «Техносферная безопасность» / Е. А. Перминова, О. М. Перминова // Техносферная безопасность в XXI веке : VII Всероссийская научно-практическая конференция : сборник научных трудов магистрантов, аспирантов и молодых ученых / под ред. проф. С. С. Тимофеевой. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2017. – С. 345–347.
3. Формирование профессиональных компетенций магистров по направлению 38.04.02 «Стратегическое управление» для регионального промышленного кластера / О. М. Перминова, Р. В. Файзуллин, А. В. Дьяконова, Е. И. Ключева // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования [Электронный ресурс] : материалы VIII Междунар. конф. (Россия, Ижевск, 23–24 апреля 2019 г.) : в 2 т. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – Т. 2. – С. 45–50.
4. *Перминова, Е. А.* Стратегия профориентационной работы в вузе как основа повышения качества формирования профессиональных компетенций / Е. А. Перминова, Е. А. Старцева // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования : материалы VIII Междунар. конф. (Россия, Ижевск, 23–24 апреля 2019 г.) : в 2 т. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – Т. 1. – С. 123–129. – Текст электронный.
5. *Перминова, Е. А.* Перспективы внедрения активных методов обучения при подготовке спасателей / Е. А. Перминова, М. В. Тимофеева // Техносферная безопасность в XXI веке : VII Всероссийская научно-практическая конференция : сборник научных трудов магистрантов, аспирантов и молодых ученых / под ред. проф. С. С. Тимофеевой. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2020. – 234 с.

Я. И. Головков, студент; *Н. А. Корчемкин*, студент
Е. А. Шихов, студент; *Р. Р. Яппаров*, студент, yapparov1996@mail.ru
С. А. Трефилов, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Лаборатория систем технического зрения

Рассматривается конструкция лаборатории для работы с системами технического зрения. Разработанную лабораторию возможно использовать для выполнения лабораторных работ и проведения натурных экспериментов студентами-бакалаврами и магистрами с целью получения навыков практического применения различных алгоритмов, методов и приемов обработки информации, получаемой от времяпролетных камер и лидаров.

Ключевые слова: лаборатория, техническое зрение, датчики, времяпролётные камеры.

Введение

Система технического зрения – это система, обеспечивающая обнаружение, автоматический контроль и анализ объектов по их изображениям. На сегодняшний день системы технического зрения широко востребованы в разных областях науки, промышленности и техники. В частности они используются для получения данных о местонахождении, контроля состояния объектов, распознавания любых объектов разных форм [1]. Качественная система обеспечивает рост производительности, а также существенное упрощение выполнения поставленной задачи.

Применение технического зрения возможно в таких областях, как:

- крупное промышленное производство;
- ускоренное производство уникальных продуктов;
- системы безопасности в промышленных условиях;
- контроль предварительно изготовленных объектов;
- системы визуального контроля и управления;
- контроль автоматизированных транспортных средств;
- мелкая автоматизация.

Целью работы является создание лаборатории для ознакомления студентами с СТЗ и проведения натурных экспериментов с использованием времяпролетных камер и лидаров.

Описание лаборатории

Для выполнения лабораторных работ с перемещением объектов, времяпролетных камер и датчиков в лаборатории систем технического зрения исполь-

зуются линейные направляющие SNR AXC80Z с ременной передачей (рис. 1), установленные перпендикулярно.

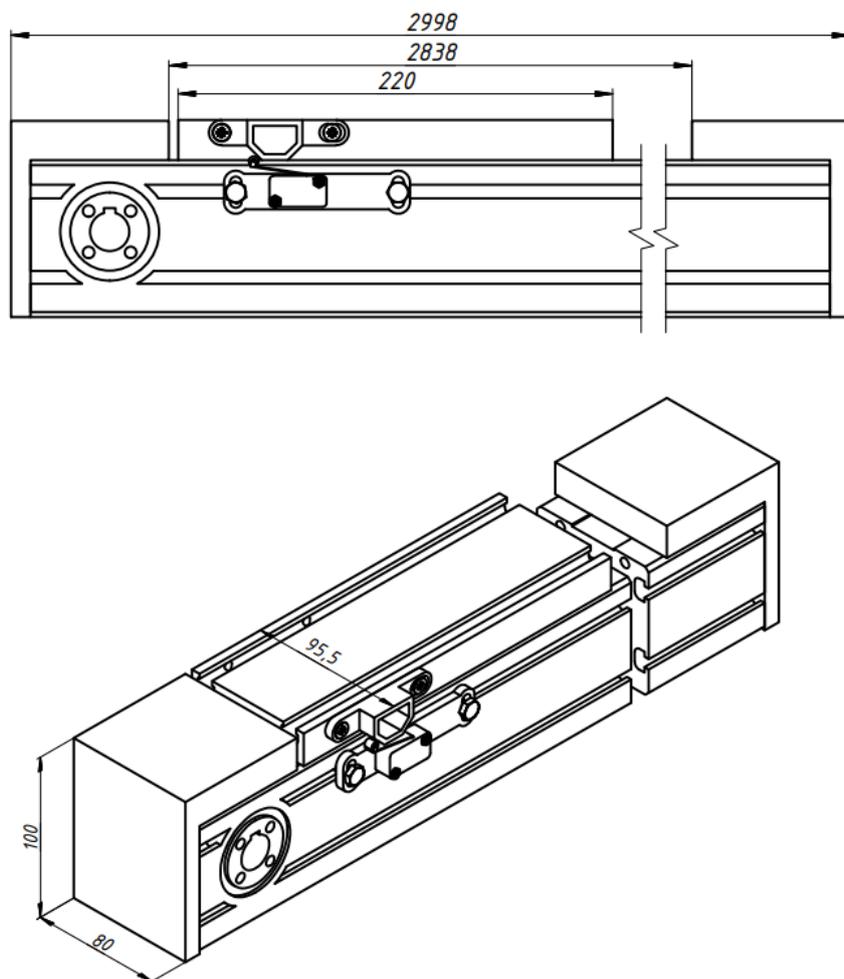


Рис. 1. Линейные направляющие

В движение направляющие приводятся шаговым двигателем и бесколлекторным двигателем постоянного тока. Для передачи вращательного движения от электродвигателей к направляющим на токарном станке были изготовлены два вала. Для соединения вала направляющей с валом двигателя используются соединительные безударные муфты. Управление осуществляется при помощи микроконтроллеров STM32 [2]. Ограничение движения каретки направляющих осуществляется концевыми переключателями, для которых на 3D-принтере по технологии FDM были изготовлены крепления.

Для крепления камер, датчиков и осветительного оборудования установлен каркас из труб системы «Джокер». Для силовой части использованы трубы диаметром 50 мм с потолочным упором для увеличения жесткости. Для вспомогательной части каркаса использованы трубы диаметром 25 мм, прикрепленные к силовой части специальной фурнитурой. Фотография конструкции лаборатории представлена на рисунке 2.

Для проведения практических и лабораторных работ используются камеры и датчики, представленные на рисунке 3.



Рис. 2. Фотография конструкции лаборатории



а

б

в

Рис. 3. Оборудование лаборатории: *а* – O3D200; *б* – FOTONIC P-70; *в* – UTM-30LX-EW

- IFM O3D200 (рис. 3, *а*) – 3D-датчик с разрешением 64×38 пикселей и углом обзора 40° , рассчитанный на визуальную оценку расстояния, уровня, объема и уровня освещения. Для работы используется программный продукт E3D200 от компании IFM, который позволяет осуществить сохранение данных в формате .csv для дальнейшей обработки в стороннем программном обеспечении [3].

- Времяпролетная камера FOTONIC P-70 (рис. 3, *б*) – это 3D-камера, в которой используется технология Time of Flight. Камера измеряет окружающее пространство перед собой одним снимком и отправляет результаты измерений на компьютер для отображения или дальнейшей обработки. Данная камера может проводить непрерывные измерения до 58 изображений в секунду и является интеллектуальной, что означает, что можно использовать внутренний процессор камеры перед обработкой изображений. Для работы используется программный продукт 3DDisplay 2 от компании Fotonic, позволяющий сохранять изображения в формате pgm с частотой до 30 кадров в секунду для дальнейшей обработки в стороннем программном обеспечении [4].

• НОКУЙО UTM-30LX-EW (рис. 3, в) – лазерный датчик для сканирования области. Источником света для датчика является лазер с длиной волны $\lambda=905$ нм. Область сканирования составляет 270° . Датчик измеряет расстояние до объектов в своем диапазоне для каждого углового шага. Данные измерений и угловой шаг передаются через канал связи. Обработку полученной информации можно произвести в программе URG Viewer [5].

Заключение

Разработана и реализована конструкция лаборатории систем технического зрения. Она уже используется для проведения лабораторных работ и натуральных экспериментов студентами, обучающимися по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника». Данная лаборатория расположена в корпусе № 3 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в аудитории 407. В будущем планируется использование дополнительных направляющих с другими типами двигателей и системами управления, а также дополнительных камер и датчиков.

Список использованных источников

1. «Малленом Системс» – российская компания в области разработки и внедрения систем видеоаналитики и промышленного контроля на основе технологий машинного зрения. – URL: <https://www.mallenom.ru/company/publications/319/> (дата обращения: 30.03.2021).
2. *Медведев, В. А.* Системы управления электроприводами роботов : учеб. пособие. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 194 с.
3. Технические характеристики камеры O3D200 / IFM-electronic.ru – URL: <https://ifm-electronic.ru/product/o3d200> (дата обращения: 30.03.2021).
4. Fotonic E-series User Manual. Fotonic. – URL: <https://manualzz.com/doc/7220933/fotonic-e-series-user-manual> (дата обращения: 30.03.2021).
5. Optical data transmission device, Photo sensor, Auto counter, and Automatic door. НОКУЙО AUTOMATIC CO., LTD. – URL: <https://www.hokuyo-aut.jp/search/single.php?serial=170> (дата обращения: 30.03.2021).

Д. Ешметьев, студент

О. М. Перминова, кандидат экономических наук, доцент, olgaa@istu.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Информационное пространство формирования социальной компетентности молодежи

Определен подход к содержанию социальной компетентности и проведен анализ гражданских социальных инициатив по материалам конкурсов Фонда президентских грантов и сайта «Добро.рф» за 2017–2021 годы. Предложено использование современных информационных площадок для приобщения молодежи к социальной деятельности путем участия в социальных инициативах некоммерческих организаций.

Ключевые слова: социальная инициатива, социальная компетентность, некоммерческие организации, информационная площадка.

Введение

В условиях цифровизации и развития информационных площадок процедура формирования профессиональных компетенций может быть трансформирована и переведена в практическое русло путем интеграции образовательного процесса в электронную среду. Современный образовательный процесс направлен на индивидуальное развитие личности, в том числе посредством приобретения социального опыта для более полного раскрытия личностных резервов и возможностей [1]. Чтобы успешно ориентироваться в жизненно важных процессах и адекватно реагировать на воздействия социальной среды, необходимо в процесс подготовки специалистов закладывать формирование качеств, обеспечивающих комплексную социальную компетентность. К сожалению, сегодня молодежь не готова к реализации требований, предъявляемых обществом к выполнению социальных ролей, одной их основных причин является отсутствие механизмов формирования социальной компетентности, что и подтверждает актуальность создания информационного пространства [2].

Формирование социальной компетенции

Под социальной компетентностью будем понимать интегративное образование, формирующееся в процессе развития субъекта в соответствии с основными механизмами развития и функционирования общества [3]. Анализ литературы по социальной компетентности показал, что процесс ее формирования рассматривается через призму приобщения к вузовским традициям и научным школам, в целях воспитания гражданственности и становлении социальной зрелости [3]. Государственная программа социальной поддержки граждан ставит основной целью повышение доступности социального обслуживания насе-

ления и создание условий для роста благосостояния, среди разделов программы выделим «Модернизация и развитие социального обслуживания населения», «Повышение эффективности государственной поддержки социально ориентированных некоммерческих организаций» и «Старшее поколение».

Именно по этим направлениям сегодня наблюдается рост активности гражданских инициатив и масштабов их поддержки на разных уровнях; наиболее известным является конкурс гражданских инициатив Фонда президентских грантов на сайте «Президентскиегранты.рф» [4]. Анализ представленных проектов показал, что на второй конкурс 2021 г. представлено 12255 гражданских инициатив из всех регионов России, среди которых 1455 проектов по тематике «Социальное обслуживание, социальная поддержка и защита граждан». Динамика числа заявок на первый конкурс 2021 г. представлена в таблице 1.

Таблица 1. Распределение гражданских инициатив первого конкурса 2021 г. Фонда президентских грантов среди субъектов Приволжского Федерального округа

Субъект	Общее кол-во проектов	Победители конкурса
Республика Башкортостан	67	13
Кировская область	7	2
Республика Марий Эл	6	0
Республика Мордовия	15	1
Нижегородская область	27	11
Оренбургская область	10	4
Пензенская область	7	2
Пермский край	21	9
Самарская область	28	6
Саратовская область	16	3
Республика Татарстан	42	7
Удмуртская Республика	22	5
Ульяновская область	13	1
Чувашская Республика	11	2
ИТОГО	292	66 (23 %)

Как видно из таблицы, наибольшее число инициатив поступило из Республики Башкортостан, общее число заявок от республики составляет около 23 % от всех проектов. Наименьшее количество представленных проектов поступило из Республики Марий Эл, Кировской и Пензенской областей. В таблице 2 представлена динамика финансирования проектов среди субъектов Приволжского Федерального округа.

Как видно из таблицы, лидерами являются Республика Татарстан и Самарская область. В первом конкурсе 2021 г. в Удмуртской Республике финансирование получили 5 проектов для детей с синдромом Дауна и детей с ОВЗ, и один проект направлен на профилактику социального одиночества пожилых людей. Необходимо отметить, что с каждым годом растет число заявок и сумма финансирования инициатив.

Таблица 2. Динамика полученных средств организациями ПФО из Фонда президентских грантов

Субъект ПФО	Сумма средств, перечисленных на реализацию социальных проектов, руб.			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Республика Башкортостан	22 688 209,44	13 946 698,89	24 528 925,90	26 746 526,00
Кировская область	1 062 824,88	2 499 668,80	5 943 493,90	6 714 809,00
Республика Марий Эл	2 152 814,91	0	2 265 068,00	5 740 964,00
Республика Мордовия	1 876 510,00	3 788 436,48	8 212 511,00	1 449 911,00
Нижегородская область	11 759 515,50	17 235 491,84	30 837 244,00	22 349 286,00
Оренбургская область	6 017 758,40	4 212 337,18	5 526 112,00	8 397 994,00
Пензенская область	5 749 093,00	14 919 850,50	30 286 563,00	42 953 334,00
Пермский край	5 987 916,96	17 266 356,18	30 660 441,91	21 430 152,00
Самарская область	17 902 831,0	27 659 871,65	64 125 990,00	56 087 431,23
Саратовская область	2 784 412,00	1 448 294,40	3 185 972,36	3 040 034,00
Республика Татарстан	30 317 272,85	35 982 952,84	50 171 493,00	35 499 501,00
Удмуртская Республика	2 999 974,7	6 727 051,9	6 301 629,0	7 298 494,0
Ульяновская область	2 999 680,00	6 168 930,20	10 413 823,00	17 653 516,78
Чувашская Республика	2 778 198,00	9 533 350,64	13 035 479,00	10 215 243,00
ИТОГО	117 077 011,64	161389291,50	285494746,07	265577196,01

В таблице 3 представлена динамика средств, полученных организациями Удмуртской Республики.

Таблица 3. Динамика полученных средств организациями Удмуртской Республики из Фонда президентских грантов

Годы	Число заявок	Число проектов-победителей	Сумма средств, перечисленных на реализацию социальных проектов, руб.
2017	22	1	2 999 974,7
2018	33	3	6 727 051,9
2019	32	8	6 301 629,0
2020	61	10	7 298 494,0
2021	22	4	2 780 276,0

Среди инструментов реализации социальной политики необходимо отметить и развивающееся движение добровольчества. Если обратиться к статистике реализованных волонтерских инициатив, представленных на сайте «Добро.рф», можно отметить, что доля проектов, направленных на решение социальных вопросов, составляет около 30 %, при этом в разных направлениях волонтерства могут быть совмещены несколько идей (табл. 4).

Для формирования социальной компетентности молодежи необходимо изучение лучших гражданских практик и инициатив по направлениям социальной поддержки граждан. В условиях цифровизации и дистанционного образовательного процесса, приобщение молодежи к решению социальных проблем может быть реализовано путем изучения дисциплин о социальной ответствен-

ности посредством написания социально-ориентированных проектов. Социальное проектирование должно стать неотъемлемой частью изучения таких учебных дисциплин как «Менеджмент» и «Социальное взаимодействие». Повышение социальной компетентности молодежи может быть эффективным при использовании практико-ориентированного подхода и системности.

Таблица 4. Распределение инициатив по различным категориям по материалам сайта «Добро.рф»

Направление волонтерской инициативы	Общее число проектов
Дети и молодежь	15497
Ветераны и историческая память	8391
Культура и искусство	7617
Образование	7216
Старшее поколение	6060
Природа	5502
Люди с ОВЗ	4343
Урбанистика	3648
ЗОЖ и здравоохранение	3442
Спорт и события	3008
Помощь животным	2994
Интеллектуальная помощь	2213

Так, в Удмуртской Республике в рамках реализации проектов «#Бабушкинописьмо» и «Окно в мир», каждый студент может почувствовать себя участником к поддержке одиноко проживающих граждан в домах престарелых и инвалидов. Создание совместных проектов социальной направленности реализуется при написании курсовых проектов по дисциплине «Корпоративная социальная ответственность», участие в проектах волонтерского центра ИжГТУ имени М. Т. Калашникова позволяет приобщиться к реализации проектов «Вторая жизнь вещей», «Скорая цифровая помощь», «Тепло добрых рук», «Туршкола» и др.

Вывод

Таким образом, современная цифровая информационная среда позволяет формировать навыки социальной компетентности студентов и воспитывать молодежь в соответствии с приоритетами государственной социальной политики.

Список использованных источников

1. *Перминова, О. М.* О роли творчества в профессии менеджера / О. М. Перминова, К. О. Иванова // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2018. – № 4 (35). – С. 103–105.
2. *Гладиллина, И. П.* Развитие социальной компетентности молодежи в процессе творческой деятельности // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-2. – С. 266–268.

3. *Келасьев, В. Н.* Социальная компетентность: уровни, структура, стратегии формирования : монография / В. Н. Келасьев, И. Л. Первова. – Санкт-Петербург : Астерион, 2019. – 122 с.

4. *Перминова, О. М.* Анализ тенденций формирования инициатив правовой направленности в рамках некоммерческих организаций / О. М. Перминова, В. Е. Куляшова // Выставка инноваций – 2020 (осенняя сессия) : сборник материалов XXX Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов (Ижевск, 19 ноября 2020 г.). – Ижевск : Управление информационных ресурсов ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 78–83. – Текст электронный.

А. В. Желтышев, ст. преподаватель, avg.13@mail.ru
 Д. Г. Шлыков, магистрант, rasahduss@gmail.com
 ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова

Факторы, влияющие на затухание сигнала в волновом канале линии электропередачи

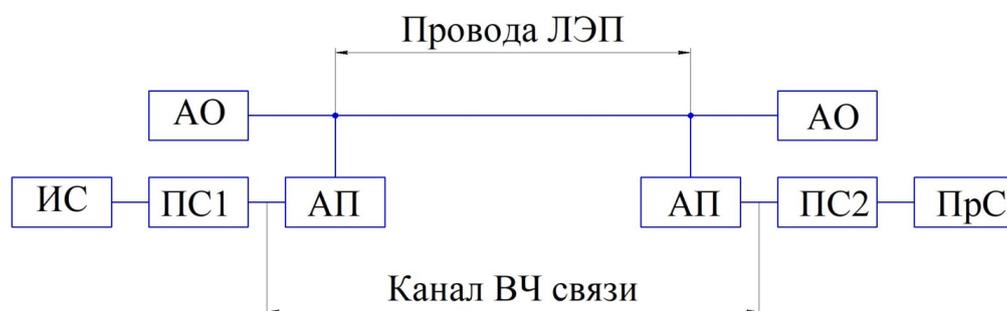
Описана структура высокочастотных каналов связи по линиям электропередачи высокого напряжения и необходимое оборудование для высокочастотной обработки. Рассмотрены факторы, увеличивающие затухание передаваемого сигнала в канале: наличие «земли» в схеме канала, высота подвеса проводов над плоскостью земли, наличие отпаек на линии, электростатическое влияние опор.

Ключевые слова: сети с изолированной нейтралью, высокочастотная связь, волновые каналы, линии электропередач.

Введение

Транспортировка электроэнергии от источника до потребителя – это сложный процесс, требующий постоянного контроля технологических параметров электроэнергетической системы, значения которых требуется передавать в диспетчерские центры, занимающиеся управлением работой электрической сети.

Наиболее оптимальным решением является организация каналов связи по проводам воздушных линий. Для организации такого канала к проводам ЛЭП с двух сторон подключают устройства высокочастотной (ВЧ) обработки, в состав которых входят: конденсатор связи, фильтр присоединения, заградитель, ВЧ-кабель [1]. Это позволяет обеспечить подключение к проводам, находящимся под высоким напряжением, 6 кВ и выше, низковольтной аппаратуры связи. Построение канала рассмотрено в статье [2].



Структурная схема канала ВЧ-связи по проводам ЛЭП: АО – аппаратура обработки; АП – аппаратура присоединения; ПС – преобразователь сигнала; ИС – источник сигнала; ПрС – приемник сигнала

Организация ВЧ-канала связи

Каналы связи используются для организации голосовой связи, передачи данных, для работы систем релейной защиты и противоаварийной автоматики.

В силу технологических и конструктивных особенностей организовать ВЧ-канал связи по проводам линии электропередач, номинальным напряжением $U_n \geq 35$ кВ проще, чем по проводам линий меньших напряжений.

ВЧ-каналы на сегодняшний день применяются на линиях классом напряжения 35 кВ и выше. Для линий такого класса напряжений разработаны методические указания и модели, по которым определяются технические параметры каналов связи. На сегодняшний день использование проводов воздушных линий номинальным напряжением 6...10 кВ для организации высокочастотных каналов связи не применяется. Хотя, учитывая разветвленность и большую суммарную протяженность таких линий, использование этих линий для организации каналов связи позволит значительно сократить издержки сетевых компаний на эксплуатацию и повысить надежность электроснабжения потребителей электроэнергии. Следовательно, необходимо определить, возможно ли организовать канал связи на линии электропередач $U_n = 6...10$ кВ.

При рассмотрении высокочастотных каналов пользуются таким понятием, как «волновой канал».

Волновой канал – это форма распространения волны вдоль многопроводной линии, которая характеризуется определенной формой электромагнитного поля и связанной с ней системой токов и напряжений, которые распространяются независимо от возбуждения других форм волн. Для решения поставленной задачи необходимо определить, какие параметры линии электропередач будут оказывать влияние на параметры волнового канала.

Основным параметром волнового канала является постоянная распространения, значение которой позволяет определить, какое затухание испытывает ВЧ-сигнал, проходя по выбранному волновому каналу. Постоянная распространения определяется по выражению:

$$\gamma = \alpha + j\beta,$$

где α – коэффициент затухания канала, β – коэффициент фазы.

Каждому волновому каналу многопроводной линии будет соответствовать свое значение постоянной распространения γ .

В общем случае на n -проводной линии существует n каналов с различными параметрами:

- $n - 1$ – междуфазных каналов;
- 1 «земляной» канал.

Выбор способа организации канала осуществляется подключением аппаратуры высокочастотной обработки. Если у междуфазных каналов подключение идет по схеме «фаза – фаза», то у «земляного» канала аппаратура подключается по схеме «фаза – земля» [3].

Факторы, влияющие на затухание сигнала

Наличие в схеме канала «земля» помимо прочего значительно увеличивает затухание передаваемого сигнала, так как токи в данной схеме проходят

в одном направлении по всем проводам линии и возвращаются через землю, в то время как в междуфазных каналах токи проходят по проводам ЛЭП, которые имеют значительно меньшее сопротивление, чем грунт.

Помимо наличия канала «земля» в схеме высокочастотного канала на его параметры влияет высота подвеса проводов линии электропередач над землёй. Изменение высоты подвеса ведет к изменению емкостей фаз линии на землю, что в свою очередь ведет к изменению затухания, которое испытывает сигнал, проходя по волновому каналу.

Так, например, расчеты в [4] показали, что уменьшение высоты проводов над землей наиболее заметно увеличивает затухание междуфазных каналов.

Еще одним фактором, влияющим на параметры волновых каналов рассматриваемых линий, является наличие большого количества отпайек. Степень влияния каждой отпайки будет зависеть от ее длины и нагрузки, и, следовательно, ее входного сопротивления [5].

Большая протяженность воздушных линий $U_n = 6...10$ кВ с большим количеством изоляторов, диэлектрические свойства которых, вследствие старения материала могут значительно ухудшаться, приводит к тому, что часть энергии ВЧ-сигнала будет шунтирована на землю, а это, в свою очередь, приведет к увеличению затухания сигнала.

Выводы

В статье рассмотрены факторы, влияющие на затухание ВЧ-сигнала в волновых каналах линий электропередач номинальным напряжением 6...10 кВ. Показано, что на величину затухания сигнала в волновом канале влияет большое число факторов, достаточно хорошо изученных на линиях $U_n \geq 35$ кВ, однако мало изученных в сетях номинальным напряжением 6...10 кВ из-за того, что волновые каналы в сетях данного типа не применяются. Это требует дальнейшего исследования и проработки всех факторов, влияющих на затухание сигнала в волновом канале. Обеспечение возможности передачи сигналов по ЛЭП 6...10 кВ имеет большое значение для сетевых компаний.

Список использованных источников

1. *Микуцкий, Г. В.* Высокочастотная связь по линиям электропередачи / Г. В. Микуцкий, В. С. Скитальцев : учебник для учащихся энергетических и энергостроительных техникумов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1997. – 440 с.
2. *Желтышев, А. В.* Повышение эффективности поиска мест повреждений на воздушных линиях в сетях с изолированной нейтралью / А. В. Желтышев, Д. Г. Шлыков // Приборостроение в XXI веке – 2019. Интеграция науки, образования и производства : сб. материалов XV Всерос. науч.-техн. конф. (Ижевск, 20–22, ноября 2019 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – С. 37–41. – Текст электронный.
3. *Шкарин, Ю. П.* Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи. – Москва : Энергопрогресс, 2001. – Ч. 1. – 72 с.
4. *Juan A. Martinez-Velasco.* Power system transients parameter determination. CRC Press, 2010, 644 p.
5. *Костенко, М. В.* Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения / М. В. Костенко, Л. С. Перельман, Ю. П. Шкарин. – Москва : Энергия, 1973. – 270 с.

А. С. Зеленова, студент, arinazds@mail.ru
В. С. Евстафьева, студент
А. А. Данилова, ст. преподаватель кафедры «САиУК»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка левитирующих горшков с кнопкой для растений на основе домашних горшков

Данная статья связана с усовершенствованием левитирующих горшков с кнопкой включения/выключения и беспроводной зарядкой. Рассматриваются характеристики и состав горшков. Подробно описан принцип работы левитирующего горшка.

Ключевые слова: цветочный горшок, левитирующий горшок, повышение привлекательности горшка для растений, растения, цветы.

Введение

Впервые горшки появились в 3-м тысячелетии до нашей эры в Древнем Египте. Позже в Китае стали изготавливать горшки из пластмассы и керамики разного размера и формы для украшения храмов и домов богатых людей. В Европе с развитием цивилизации зародилась традиция украшать дом горшками. Даже самые небогатые люди могли позволить себе иметь такое украшение. Порой люди делали сами себе такие горшки.

На сегодняшний день существует наиболее распространенные варианты горшков:

- обычный цветочный горшок, изготовленный из пластмассы (рис. 1);
- горшок для цветов с отверстием для утечки излишней воды [1] (рис. 1);
- настенный горшок (рис. 2).



Рис. 1. Обычный цветочный горшок
и вид в разрезе с отверстием для утечки излишней воды



Рис. 2. Настенный горшок, изготовленный из керамики

При рассмотрении вышеперечисленных видов горшков были выявлены следующие недостатки:

- корпус, изготовленный из пластмассы, может треснуть, и придется искать замену;
- керамика – непрочный материал;
- пересадка из таких горшков – травматичный для растений процесс;
- однотипный дизайн;
- такие горшки не позволяют защитить находящиеся в них растения от домашних животных, их потребительские свойства.

Большинство людей знают только о таких обычных горшках для цветов, но это не всегда достаточно для любителей садоводства. Поэтому сейчас на рынке стало появляться множество разнообразных садовых товаров, удовлетворяющих потребности покупателей.

В результате поиска информации был найден патент на полезную модель № 31480 U1 «Подставка для цветочного горшка». Подставка содержит корпус, образованный боковой стенкой и днищем с несущими элементами на наружной поверхности, рельефными так, чтобы обеспечить возможность перемещения, несущие элементы равномерно расположены на поверхности днища и выполнены в виде приливов сегментарной формы, имеющих продольный паз ступенчатой формы, и которые установлены в них на оси вращающихся колес (рис. 3). Подставка отличается тем, что корпус выполнен из полимерного материала [2]. Основное назначение подставки – удержание горшка в пространстве.

Левитирующие горшки

В начале XXI века в Швеции были разработаны левитирующие горшки, которые парят в пространстве (рис. 4). Они хорошо держатся в воздухе, поддерживая баланс невесомости. Такие горшки привлекают больше внимания по сравнению с другими.

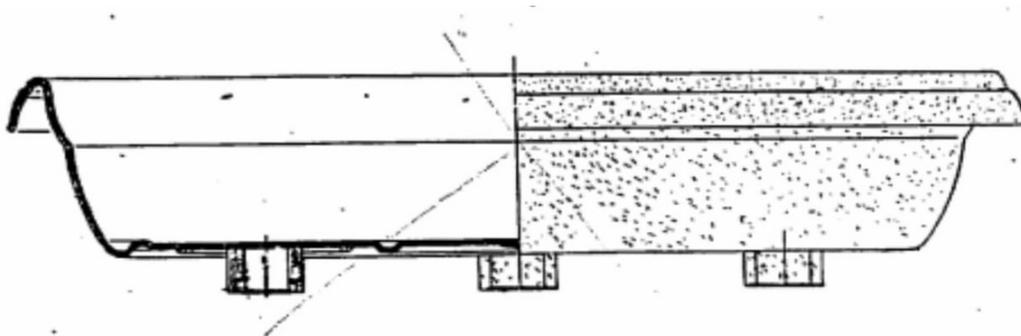


Рис. 3. Подставка из полимерного материала



Рис. 4. Левитирующие горшки

Чтобы левитирующий горшок летал в пространстве, действует «магнитная левитация», которая изначально подразумевалась как способность преодолеть земное притяжение объектом и перемещаться по воздуху без вспомогательного оборудования. Данный эффект связан с тем, что при внесении сверхпроводника в магнитное поле в нем возникают вихревые токи индукции, магнитное поле которых полностью компенсирует внешнее поле, поэтому это дает возможность сделать дизайн горшка непривычным [3].

Устройство состоит из двух частей – подставки и самого горшка. Подставка сделана из дуба, а внутри находится довольно сложная доска с более чем 100 компонентами и датчиками, которые фиксируют пластины и магниты, что позволяет удерживать горшок в воздухе. Благодаря правильному размеру магнитов горшок не вылетает в сторону, а медленно плывет над платформой, периодически ускоряясь или замедляясь.

Чтобы правильно разместить горшок с растением, необходимо взять его обеими руками, поднести к центру платформы, крепко держа его. К основанию подключается адаптер питания (длина провода 170 см), который подает энергию на конструкцию, что является неудобным в использовании.

Конструкция имеет дренажную систему, которая подает воду в скрытый внутренний контейнер и избегает контакта с механизмом.

Чтобы устранить выявленный недостаток левитирующего цветочного горшка, есть возможность снабдить его беспроводной зарядкой, встроенной в подставку, чтобы устройство могло заряжаться без человеческого вмешательства.

ства. Встроенный беспроводной аккумулятор будет давать заряд горшку и автоматически выключаться при полном заряде. Если же на горшке осталось менее 10 % заряда, то можно установить сигнал, который будет предупреждать о низком уровне батареи. В случае отсутствия такого сигнала аккумулятор при достижении 1 % будет автоматически заряжаться с помощью беспроводной зарядки.

Заключение

Усовершенствованный левитирующий цветочный горшок идеально подходит как для домашнего, так и для офисного использования. В него можно посадить любое растение – небольшое дерево, комнатный цветок. Растение, парящее в воздухе, привлекает внимание как гостей офиса, так и сотрудников.

Список использованных источников

1. Авторское свидетельство № 646951 А1 СССР, МПК А01G 9/02. Горшок для цветов: № 2155358 / В. В. Игнатенко, В. К. Сельков.
2. Патент на полезную модель № 31480 U1 Российская Федерация, МПК А01G 9/04. Подставка для цветочного горшка: № 2003115560/20 / А. М. Пономарев.
3. *Конев, В. А.* Сверхпроводники и магнитная левитация // Инновации. Интеллект. Культура : XXI Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция молодых ученых и студентов (Тобольск, 7–10 февраля 2014 г.) / Тюменский государственный нефтегазовый университет; Тобольский индустриальный институт. – Тобольск : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2014. – С. 127–131.

С. Ф. Зиятдинов, embient123@gmail.com
А. Н. Копысов, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Методы подключения абонентов к сети Интернет с помощью оптоволоконных и медных кабелей в многоквартирных и частных домах

Представлено сравнение двух видов подключения абонентов к интернету. Приведено сравнение свойств распространения сигнала в двух средах. Определены преимущества сети на основе медного кабеля в многоквартирных домах и оптического кабеля в частных домах. Автор работает инженером по эксплуатации у поставщика интернет-услуг, который находится на рынке с 1992 г.

Ключевые слова: сеть Интернет, оптическое волокно, витая пара, PON, погонное затухание сигнала, дальность передачи данных, длина волны.

Введение

Подключение абонентов к интернету производится при помощи медного кабеля и оптического волокна. Каждый из материалов имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от места подключения. Материалы имеют разные физические свойства и стоимость, что влияет на выбор потребителя.

Данная статья рассказывает об особенностях двух сред передачи данных в различных условиях подключения абонентов. **Целью** данной статьи является сравнение материала и определение варианта требуемого качества подключения.

Правильно подобранный метод подключения позволит абоненту иметь стабильный высокоскоростной интернет при наименьших затратах, а также за счет меньшего количества элементов упростит проектирование сети.

Сеть в многоквартирном доме

Использование систем на основе медных кабелей в отличие от оптических в многоквартирных домах экономически более выгодно. Структура сети имеет меньшее число дорогостоящих узлов, по той же причине проектирование, разработка, установка и обслуживание системы упрощаются. Кроме того, эксплуатация оптического кабеля более затруднительная по сравнению с медным:

- необходимо заранее знать длину кабеля либо использовать заведомо большую длину, а лишнюю часть убирать в специальные оптические боксы;
- изгиб оптического кабеля сверх предусмотренного радиуса ведет к нарушению угла падения света;
- многократное количество сочленений разъема оптического кабеля ведет к неисправности разъема кабеля.

Сеть в частном доме

Дома потребителей в коттеджных поселках, частном секторе, дачных кооперативах территориально разнесены, что является проблемой для организации сети на основе медного кабеля. Поэтому в данном случае более выгодно использовать систему на основе оптического кабеля, в частности пассивные оптические сети, также именуемые PON. Основными преимуществами такой системы являются:

- экономия на аренде; оператору не требуется арендовать места под узлы связи и компенсировать расходы на электроэнергию;
- максимальное расстояние абонентской линии; для витой пары максимальная длина гигабитного подключения составляет 100 м, для оптического подключения по GPON – 20...40 км;
- энергонезависимость; поскольку вся трасса от головной станции до абонента является пассивной, то и наличие электропитания требуется только на узле оператора и у абонента.

GPON-сеть состоит из головной станции на 4, 8 и более сегментов, или лучей; далее идет оптическая распределительная сеть, построенная по классической древовидной схеме, где «ветки» – это оптические волокна, а разветвления – пассивные делители оптической мощности (сплиттеры).

На концах этих «веток», находятся абоненты, у которых установлены оконечные оптические терминалы (ONU или подобные). На один сегмент согласно спецификации производителей приходится до 128 абонентов, то есть одна головная станция на 8 сегментов способна обслуживать одновременно 1024 абонента [1].

Сравнение

В силу различия природы сигнала (оптический и электромагнитный) в различных средах передачи данных различаются и параметры этих сигналов. Параметром, на который следует обратить внимание, является погонное затухание, которое определяет эффективную дальность передачи.

Согласно стандарту ISO/IEC 11801, принятому в 1995 г., затухание в UTP-кабеле, или витой паре, не должно превышать 24 дБ [2]. В среднем при длине кабеля 100 м это значение составляет 22 дБ, что означает затухание исходного сигнала в 158 раз. Таким образом, затухание на 1 дБ происходит каждые 4,5 м. Если же взять длину кабеля 150 м, то затухание составляет уже примерно 33 дБ, и исходный сигнал уменьшится в 1995 раз, что весьма существенно [2]. Плюс к этому – взаимное влияние пар – переходное затухание. Учет возможные помехи от силовых кабелей, которые могут проходить рядом, и ограничение в 100 м становится совершенно логичным.

Затухание сигнала в оптическом волокне определяется потерями на поглощение или рассеяние излучения. Потери на поглощение зависят от прозрачности материала, из которого изготовлено волокно. Потери на рассеяние – от неоднородности преломления материала. Затухание сигнала в оптическом кабеле зависит от длины волны сигнала [3].

В современных оптических волокнах используются три основных длины волны – 850, 1350 и 1550 нм. По данным из таблицы, в двух последних наблюдается самое низкое затухание, так как для них применяется самая большая прозрачность кварца, используемого для создания волокна. График зависимости затухания от длины волны приведен на рисунке. При допустимом затухании 20 дБ максимальное расстояние между усилителями или повторителями составляет около 100 км и более.

Параметры оптического кабеля

Тип оптического кабеля	d/D , мм	Погонное затухание, дБ/км		
		850 нм	1350 нм	1550 нм
Одномодовый	9,5/125	–	0,4	0,3
Многомодовый градиентный	50/125	2,5	0,7	–
	62,5/125	3	1	–
	80/125	3,5	1,5	–
	100/140	5	–	–
Многомодовый ступенчатый	200/280	5	–	–

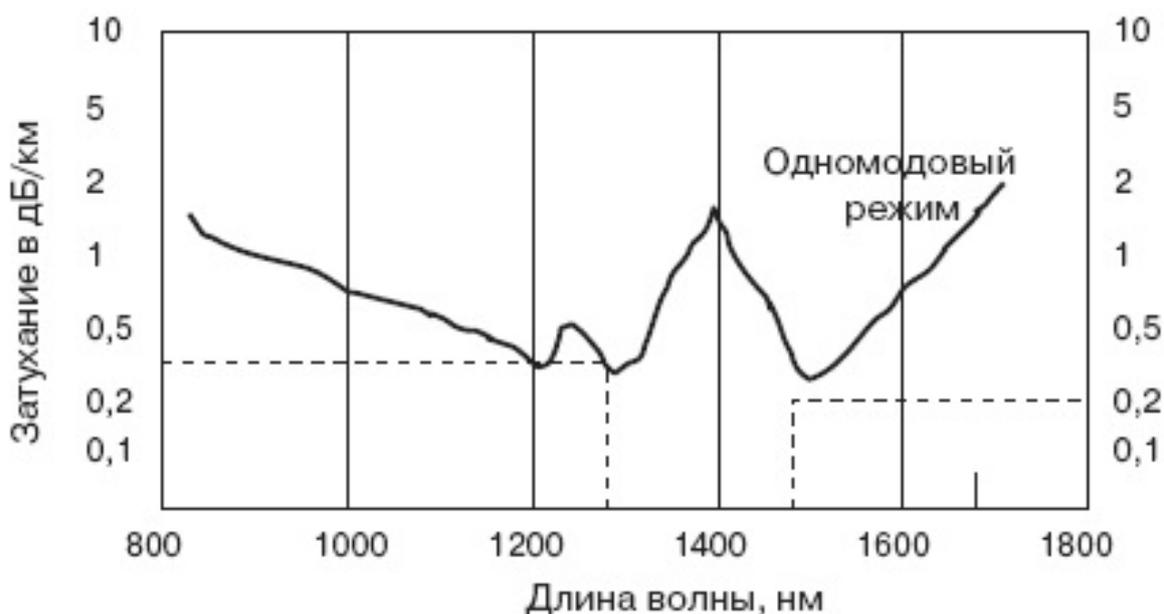


График зависимости затухания от длины волны в одномодовом режиме

Заключение

В данной статье проведено сравнение физических свойств и параметров двух сред передачи данных для подключения абонентов к сети Интернет. Было выяснено, что максимальная длина кабеля «витая пара» равняется 100 м, в то время как длина оптического кабеля превышает 100 км. При данном преимуществе оптического кабеля системы на его основе имеют ряд организационных недостатков, таких как сложность структуры и хрупкость кабеля. Отсюда следует, что в многоквартирных домах выгоднее использовать системы на основе медного кабеля, а в частных домах – на основе оптического.

Список использованных источников

1. *Козменко, Д.* Технология GPON в многоквартирных домах – будущее интернет-провайдера или маркетинговый пузырь? –
2. URL:habr.com/ru/company/sochikamera/blog/371533 (дата обращения: 15.04.2021).
3. *Сибгатулин, М.* 100 метров Ethernet. – URL:nag.ru/articles/article/23464/100-metrov-ethernet.html (дата обращения: 29.04.2021).
4. *Берлин, А. Н.* Высокоскоростные сети связи. – Интуит, 2016. – С. 41.

Е. Ю. Илтубаева, студент
И. А. Буторина, студент, iltubaevaelena7@gmail.com
А. А. Данилова, ст. преподаватель
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка браслета новорожденных, показывающего состояние здоровья ребенка

Данная статья связана с разработкой браслета для новорожденных, показывающего состояние здоровья ребенка. Рассмотрены характеристики браслета. Подробно описана работа приложения, позволяющая родителям контролировать состояние здоровья новорожденного.

Ключевые слова: браслет новорожденного, приложение для родителей, постоянный контроль здоровья малыша.

Введение

В ритме современной жизни не обойтись без гаджетов. Существует много различных технологий, позволяющих следить за состоянием дома (умный дом), бэби-боксы (анонимное оставление новорожденных) и др. Например, на данный момент имеется большое количество различных браслетов: одни показывают количество шагов, пройденное расстояние; другие – артериальное давление, пульс (рис. 1), и т. д.



Рис. 1. Часы-браслет, измеряющий давление, пульс, шаги

Также есть часы – счетчик калорий, который пригодится при соблюдении диет. Он может показывать количество потраченных или недостающих калорий, а также следить за количеством потребленных калорий, но для этого необ-

ходимо добавлять каждый съеденный продукт в базу приложения на умных часах [1].

Из разнообразия браслетов также выделяют те, которые собирают информацию об активности в течение дня, отслеживают фазы сна, напоминают о долгом отсутствии физических нагрузок при помощи вибрации, имеют пульсометр [2] и др.

Браслеты для новорожденных

Многие пользуются такими браслетами, но мало кто использует их для новорожденных детей, чтоб устранить у ребенка дискомфорт.

С учетом достижения генетики и возрастной физиологии в последние десятилетия XX века стали выделять физические интервалы развития ребенка, когда объективно регистрируются процессы переключения генетических программ развития [3].

Большинство людей знают только об обычных браслетах, на которых пишутся ФИО ребенка, вес и рост (рис. 2).



Рис. 2. Обычные браслеты для новорожденных

Сейчас на рынке предложены и другие браслеты, которые показывают температуру тела ребенка (рис. 3). Но этого не всегда достаточно для родителей, чтобы точно помочь своему ребенку, потому что когда ребенок плачет, не всегда можно понять, что ему мешает, где ему больно и неприятно.



Рис. 3. Браслет, показывающий температуру

Разработка нового браслета для новорожденных

В настоящее время медицина далеко шагнула вперед в плане использования инновационных технологий. Разрабатываются новые технологии для поддержки здоровья с первых дней жизни. Маленький человек не может сказать о своих проблемах со здоровьем в первые дни жизни, зачастую врачи не могут определить патологии его развития, и это может начаться, когда ребенок еще в утробе матери. В период беременности значительно возрастает потребность в минералах, и питание женщины во время беременности определяет как ее собственное здоровье, так и здоровье и полноценное развитие будущего ребенка [4]. Поэтому мы предлагаем создать умный браслет для новорожденного *Г'mhealthy*, который будет отслеживать здоровье ребенка. Благодаря данному устройству отслеживать состояние здоровья младенца могут не только врачи, но и родители.

Внешний вид браслета напоминает детские часы, но на самом деле это устройство, позволяющее отслеживать состояние здоровья ребенка, то есть знать его температуру, давление, частоту сердцебиения, уровень сахара в крови и пульс (рис. 4).

Браслет изготовлен из водонепроницаемого материала и состоит:

- из ремешка, изготовленного из винила и полипропилена;
- медных датчиков и чипов.



Рис. 4. Усовершенствованный браслет для новорожденных

Чтобы видеть всю информацию, родителям надо скачать специальное приложение «Я здоров», по которому они смогут отслеживать состояние ребенка, находясь на расстоянии. Приложение находится на стадии разработки и будет доступно на площадках Android и IOS. В приложение будут такие разделы, как температура младенца, состояние сна, пульс, также будет показано, в какой области ребенок чувствует дискомфорт, и как ему помочь с этим. Главное в этом приложении – легкость и доступность для всех родителей.

Браслет новорожденного закрепляют на запястье ребенка, на котором находятся магнитные датчики, которые передают информацию через спутниковую

связь на телефон родителей. Браслет представляет собой ремешок, изготовленный из безопасного материала, внутри которого установлены магнитные датчики передающие информацию о здоровье ребенка. Устройство универсально благодаря удобному креплению и плотно прилегает к коже младенца. В совокупности браслет и приложение помогут родителям устранить дискомфорт ребенка.



Рис. 5. Эмблема приложения

Заключение

Благодаря данному изобретению, можно спасти жизни младенцев с серьезными заболеваниями, которые сейчас трудно определить с первых минут появления на свет.

Список использованных источников

1. *Вовк, К. Н.* Умные часы – персональный помощник спортсмена / К. Н. Вовк, Н. В. Колоскова // *Инновации в науке и практике : сборник статей по материалам IX Международной научно-практической конференции (Барнаул, 23 июня 2018 г.)*. – В 3 ч. – Барнаул : Дендра, 2018. – С. 92–95.
2. *Кобелева, Е. А.* Польза фитнес – браслета в спорте и повседневной жизни / Е. А. Кобелева, Н. В. Волкова // *Новая наука : От идеи к результату*. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 193–195.
3. *Сергеева, К. М.* Физиология и патология периода новорожденности : пособие для студентов старших курсов и врачей общей практики / К. М. Сергеева, Н. Н. Смирнова, А. П. Суровцева.
4. *Ханова, И. М.* Частота заболеваемости новорожденных с задержкой внутриутробного развития // *Fogсіре*. – 2019. – Т. 2, № 5. – С. 123–124.

В. А. Исаев

*А. П. Тюрин, доктор технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*

Новые технологии в строительстве и вопросы охраны труда

С изменением мира меняются технологии. Говоря о новых технологиях в строительстве, можно констатировать, что ключевыми вопросами будут являться: внедрение свежих технологических решений, снижающих затраты подрядчиков, и повышение эффективности их контроля по вопросам охраны труда и требований безопасности при производстве работ.

В работе рассмотрены шесть наиболее прогрессивных вариантов технологий в сфере строительства. Данные виды технологий уже внедрены в России и за рубежом. Благодаря этим приемам повышается эффективность контроля руководителей и специалистов по охране труда и своевременное реагирование на предупреждение несчастных случаев при нарушении работниками требований безопасности.

Ключевые слова: новые технологии в строительстве, подрядчики, контроль вопросов охраны труда.

Введение

В настоящее время строительная область является наиболее известным вариантом вложения денежных средств. Чаще всего крупнейшим заказчиком в стране является правительство и его программы, направленные на расширение городов и их инфраструктур. На примере Великобритании можно привести статистические данные, касающиеся опасности проведения работ и травматизма в строительстве [1], так как обеспечение безопасности – одна из основных задач строительной индустрии.

По данным Управления по охране здоровья и безопасности – органа, управляющего вопросами охраны труда и требованиями безопасности в Великобритании, процент работников в этой области составляет лишь 5 %, но 27 % случаев являются смертельными от общего количества несчастных случаев на производстве, тяжелые случаи – 10 % [2]. Управление работает прогрессивно и дает большую осведомленность специалистам, работающим в данной области.

Инновационные технологии в строительстве

Вопрос внедрения инновационных технологий в строительстве напрямую связан с вопросами охраны труда. В связи с этим появляется проблема соблюдения требований безопасности, регламентируемых нормативно-правовой и нормативно-технической документацией. Также важен вопрос адекватной стоимости внедренных технологий и их окупаемость в течение небольшого промежутка времени.

Примерами развивающихся современных технологий в строительстве являются:

- BIM (building information modeling) – новейшая технология проектирования в настоящее время. Она включает в себя использование облачных сервисов, которые позволяют работать в специалистам (архитекторам и управляющему персоналу) в режиме online с персонального компьютера или с мобильного телефона, так как имеются все необходимые для них инструменты, доступные каждому участнику проекта. Облачные сервисы позволяют повысить оперативность оповещения об авариях и небезопасных условиях, действиях при производстве работ без использования прямых звонков. Одним из условий ведения строительной деятельности является предоставление отчетов о несчастных случаях и травмах на рабочих местах, которые остаются на облачных сервисах хранения данных. В случае необходимости эти данные можно поднять и предоставить в соответствующие структуры, запрашивающие информацию об условиях ведения работ и уровне из безопасности на любом временном промежутке проекта. BIM позволяет улучшить показатели по охране труда и требованиям безопасности для строителей на объекте. Также уделить внимание функциональным характеристикам и физическим свойствам объекта. BIM включает в себя вопросы охраны труда и требований безопасности как ресурс, который может познакомить участника технологии и позволить ему анализировать информацию. При внесении новых данных по материалам или замене каких-либо конструктивных элементов производится пересчет модели с этими изменениями.

- Искусственный интеллект (ИИ) – машина или некая технология, собирающая статистическую информацию об объектах и технологиях и решающая задачи человека. Такая технология помогает человеку находить некоторые детали, которые он может упустить вследствие человеческой природы. Область применения ИИ:

- проведение анализа (предупреждение ошибок в сфере безопасности за счет статистических оценок; оценка различных строительных объектов, местности, числа работающих, исполнение требований охраны труда работниками);

- проектирование (снижение возможного перерасхода бюджета; контроль и минимизация рисков, контроль важных деталей);

- автоматизация (сокращение времени простых операций, сокращение физической деятельности человека; повышение производительности работ).

- Интернет вещей. Технология связана с искусственным интеллектом и облачными системами. Позволяет решать некоторые проблемы путем аналитики и собранных данных по датчикам строительной площадки, что делает безопаснее и проще процесс возведения зданий и сооружений. Ключевое слово «безопаснее», так как риск получения травмы при работе на стройке достаточно велик, а сменность бригад осуществляется регулярно.

Достоинства:

- продуктивность; экономия времени для подрядчиков (зачастую они строят не один объект) благодаря сбору данных об объектах и контролю за ситуацией в нужные сроки;

– безопасность; датчики системы позволяют отслеживать местоположение каждого работника (например, находясь в кармане или на одежде), вредные вещества в области рабочей зоны, ненадлежащие состояния хранения материалов или их пропажу.

– ресурсоуправляемость; смарт-датчики позволяют отслеживать коммунальные расходы и количество тех или иных материалов и давать оценку по мере необходимости.

• Виртуальная и дополненная реальность (VR). Данная технология позволяет дополнять реальность в режиме реального времени при помощи наложения объектов на существующую картину. Кроме того, можно представить проект на этапе строительства с использованием кранового оборудования, машин и механизмов, которые повышают риски получения травм работников в ходе строительства. При использовании данного вида внедрения новых технологий возможен грамотный выбор мест тех или иных машин и механизмов для снижения рисков.

• Роботизация, экзоскелеты. В данном случае речь, в том числе, идет и об использовании беспилотных летательных аппаратов, которые позволяют увидеть картину с любого ракурса и любой высоты, необходимой прорабу.

Достоинства:

– сокращение времени на проверку опасных участков, площадок, поставка/уборка нетяжелых материалов на высотный объект или с него, слежение за участками с особо ценными материалами;

– экзоскелеты позволяют людям поднимать вес до 90 кг без серьезных нагрузок на человека, что значительно облегчает работу и возможные риски с течением времени, а также снижает воздействие опасных факторов производственной среды в вопросах напряженности и тяжести трудового процесса.

• 3D-моделирование. Технология позволяет быть архитектору наиболее производительным без значительных затрат времени и денег, разнообразным в выборе дизайнерских решений. Дизайнер основывается на желаниях заказчика, но не всегда решения являются безопасными для жизни и здоровья. В таком случае контроль производит производитель работ в соответствии с нормами промышленной безопасности и собственным опытом в вопросах требований безопасности использования тех или иных решений. Это позволяет скорректировать проект на этапе его моделирования в компьютерной программе.

Заключение

Применение новых технологий в строительстве ускоряет процесс монтажа, снижает риски, воздействие вредных и опасных факторов производственной среды, материальные и денежные затраты, способствует развитию информационных технологий в строительной отрасли.

Таким образом, безопасность в вопросах по охране труда повышается за счет применения современных технологий в строительстве. Эти технологии и оборудование повышают надежность и безопасность ведения работ, снижают затраты времени и денежных средств на возведение зданий и сооружений, что

положительно сказывается на тенденциях развития строительной отрасли с точки зрения безопасности.

Список использованных источников

1. *Brace C.L., Gibb A., Pendlebury Martyn and Bust P.D.* How can we prevent construction accidents? Outcomes from a stakeholder consultation: project and workplace influences. Proceedings of the CIB Conference. Manchester (2010 May), pp. 107-116.
2. The effectiveness of HSE's regulatory approach: The construction example. URL: www.HSE.gov.uk/research/rrpdf/rr1082.pdf

Е. В. Карачев, студент, evgeshkarach@gmail.com
Г. А. Благодатский, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Информационная система для проведения иерархических экспертиз*

Представлен порядок работы с разработанной информационной системой. В ходе разработки был создан инструмент, автоматизирующий работу с экспертами при проведении коллективных экспертиз по методу анализа иерархий. Данный инструмент способен автоматизировать проведение иерархических экспертиз в графическом режиме и накапливать знания об объектах исследования.

Ключевые слова: экспертная система, метод анализа иерархий, информационная система для проведения экспертиз.

Введение

В настоящее время для принятия решения активно используются методы машинного обучения и искусственный интеллект [1], но для них требуется наличие статистических данных, которые могут отсутствовать на момент принятия решения. Метод анализа иерархий [2] отлично справляется с такими ситуациями [3, 4, 5]. Он не требует наличия систем данных для состояний переменных изучаемых систем [6], а использует неявную (и нечёткую в смысле определений) схему принятия решений [7]. Однако ручной расчёт не избавлен от ошибок из-за человеческого фактора. Также сам расчёт является довольно трудным и долгим процессом и требует внимательности и знаний алгоритмов обработки решающих матриц [8]. Существующие информационные системы, основанные на этом методе, имеют ряд ограничений, поэтому было принято решение разработать свою систему для проведения экспертиз по методу анализа иерархий, лишённую недостатков имеющихся аналогов.

Описание интерфейса

Для добавления нового варианта оценки необходимо выбрать пункт «Новый вариант оценки» во вкладке «Файл», а затем ввести имя для него. Новый вариант появится в выпадающем списке.

Этапы добавления нового варианта оценки представлены на рисунках 1, 2.

Для выбора варианта оценки необходимо развернуть выпадающий список и выбрать необходимый вариант.

Развернутый список с вариантами оценок представлен на рисунке 3.

Для добавления нового варианта оценки необходимо выбрать пункт «Удалить вариант» во вкладке «Файл» или нажать правой кнопкой мыши по списку с вариантами, а затем ввести подтвердить удаление.

© Карачев Е. В., Благодатский Г. А., 2021

* Разработка проводится в рамках грантов БГА/20-28-09 и РФФИ № 19-011-00761 А.

Этапы удаления варианта оценки показаны на рисунках 4, 5.

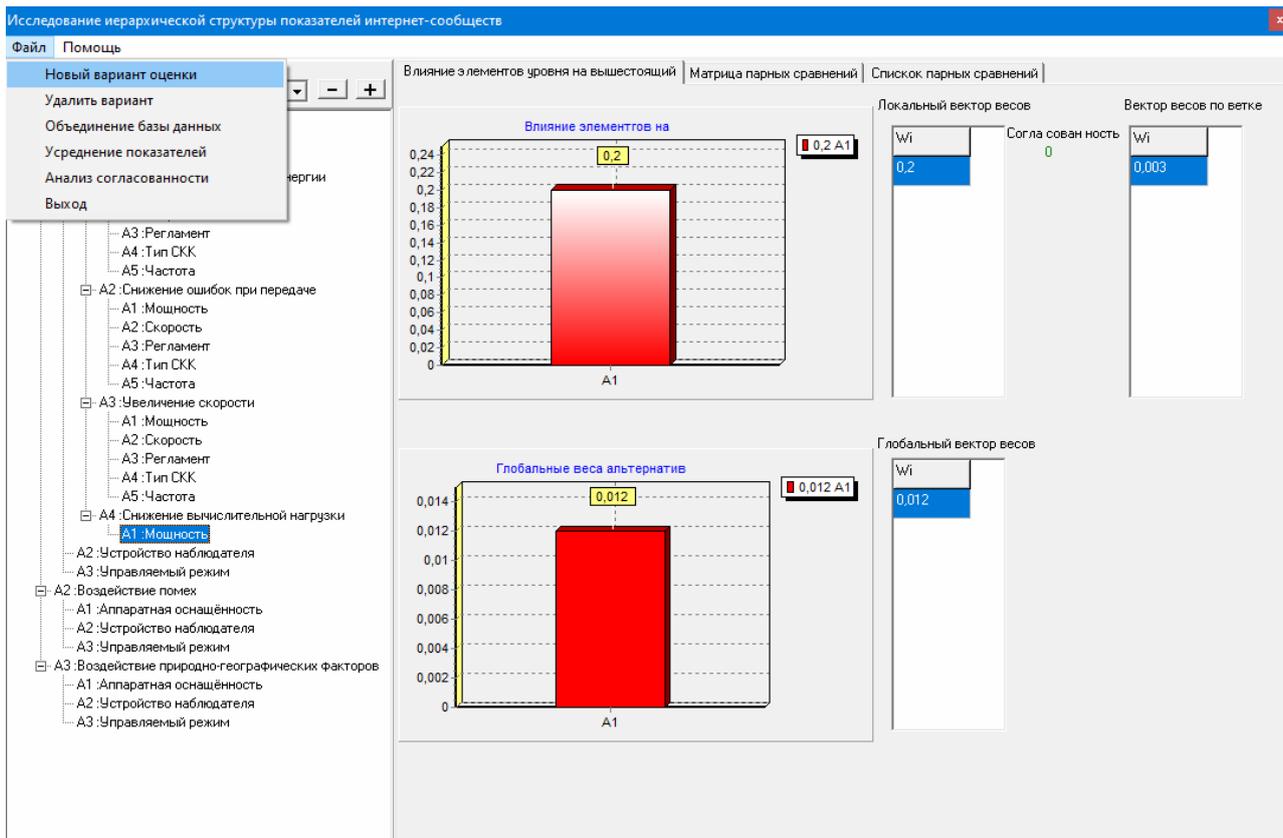


Рис. 1. Выбор нужного пункта во вкладке

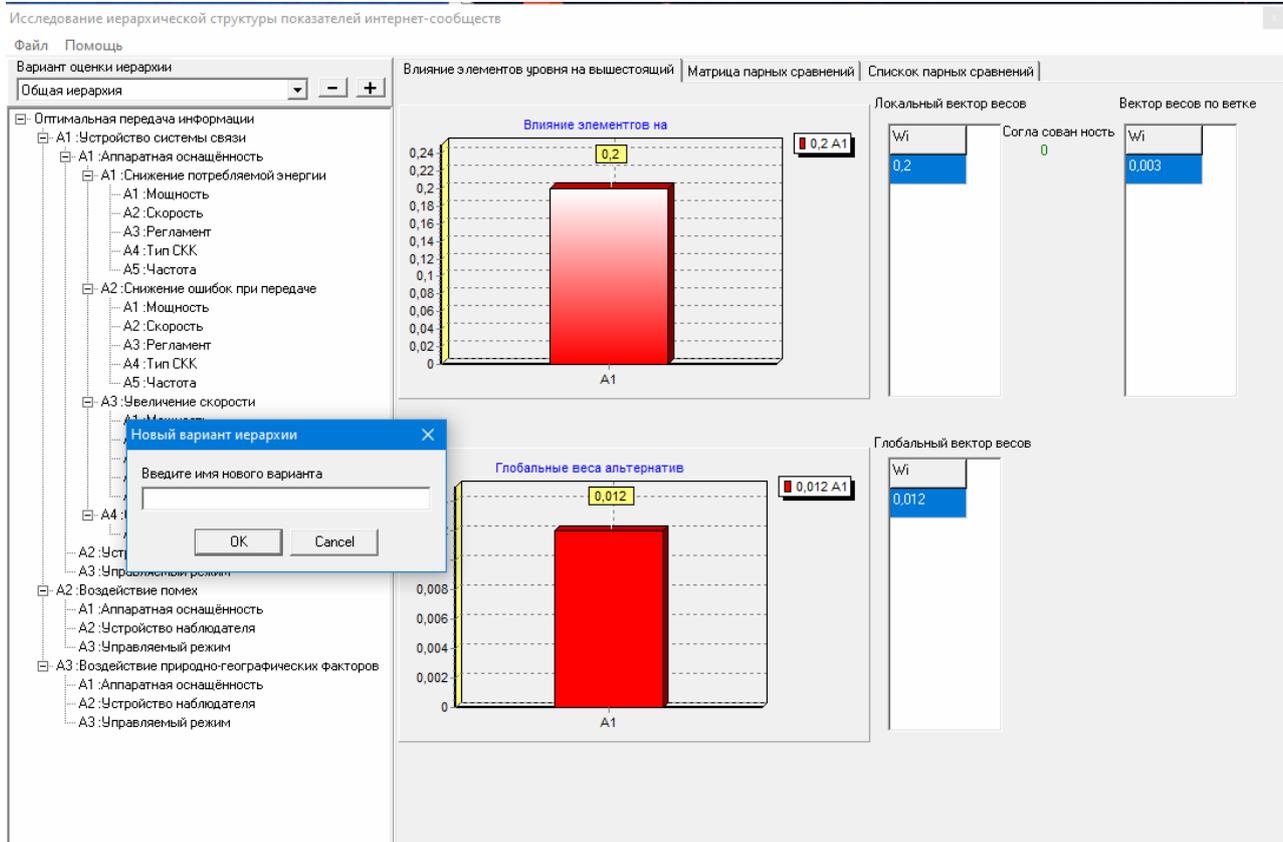


Рис. 2. Ввод имени для нового варианта оценки

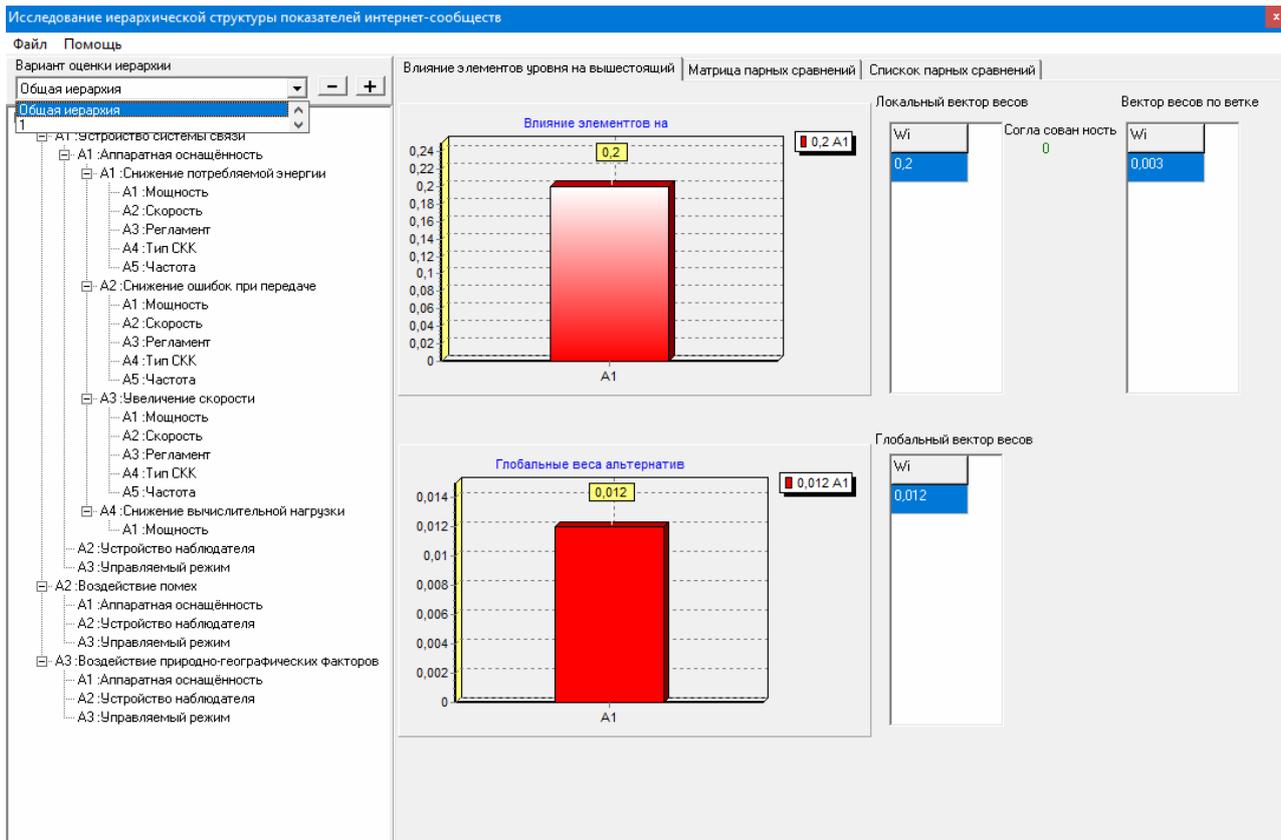


Рис. 3. Развернутый список с вариантами оценок

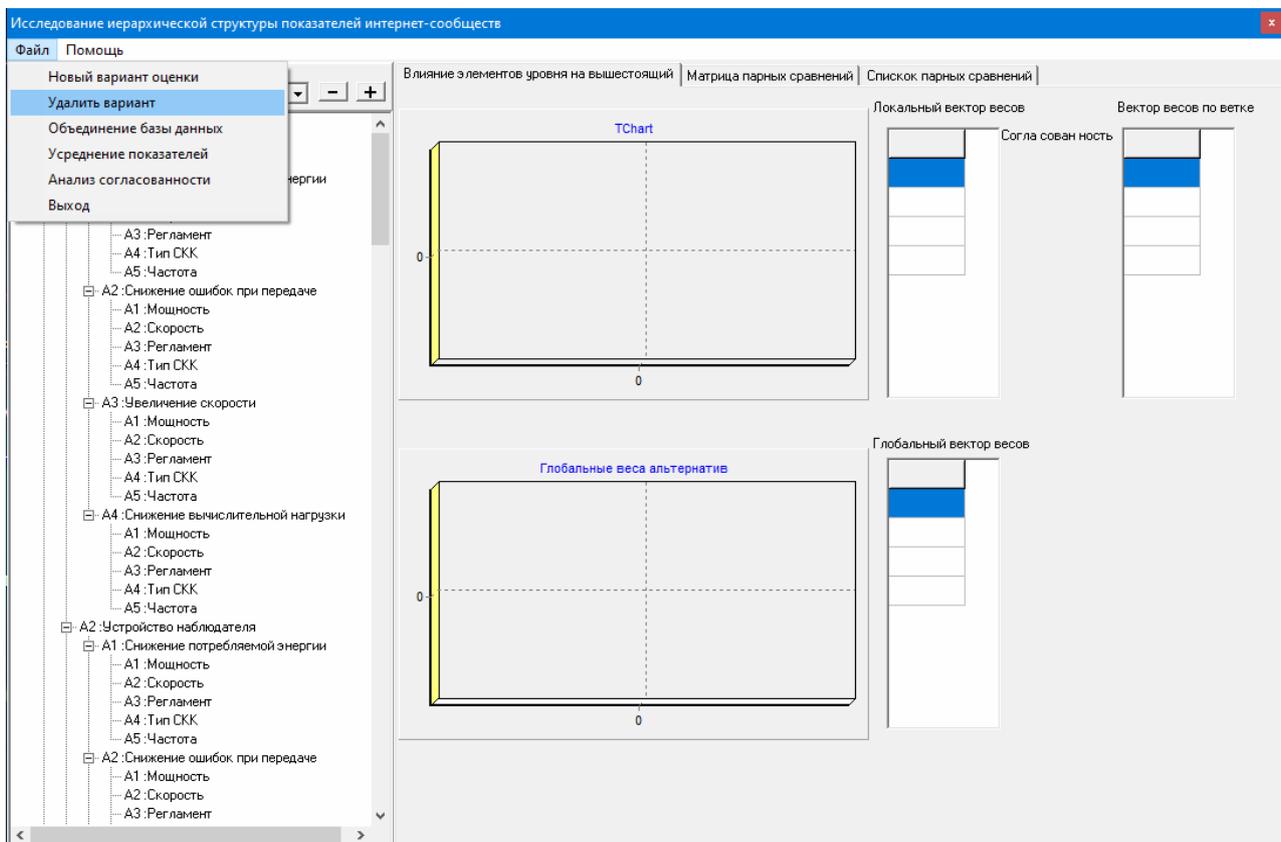


Рис. 4. Выбор нужного пункта во вкладке

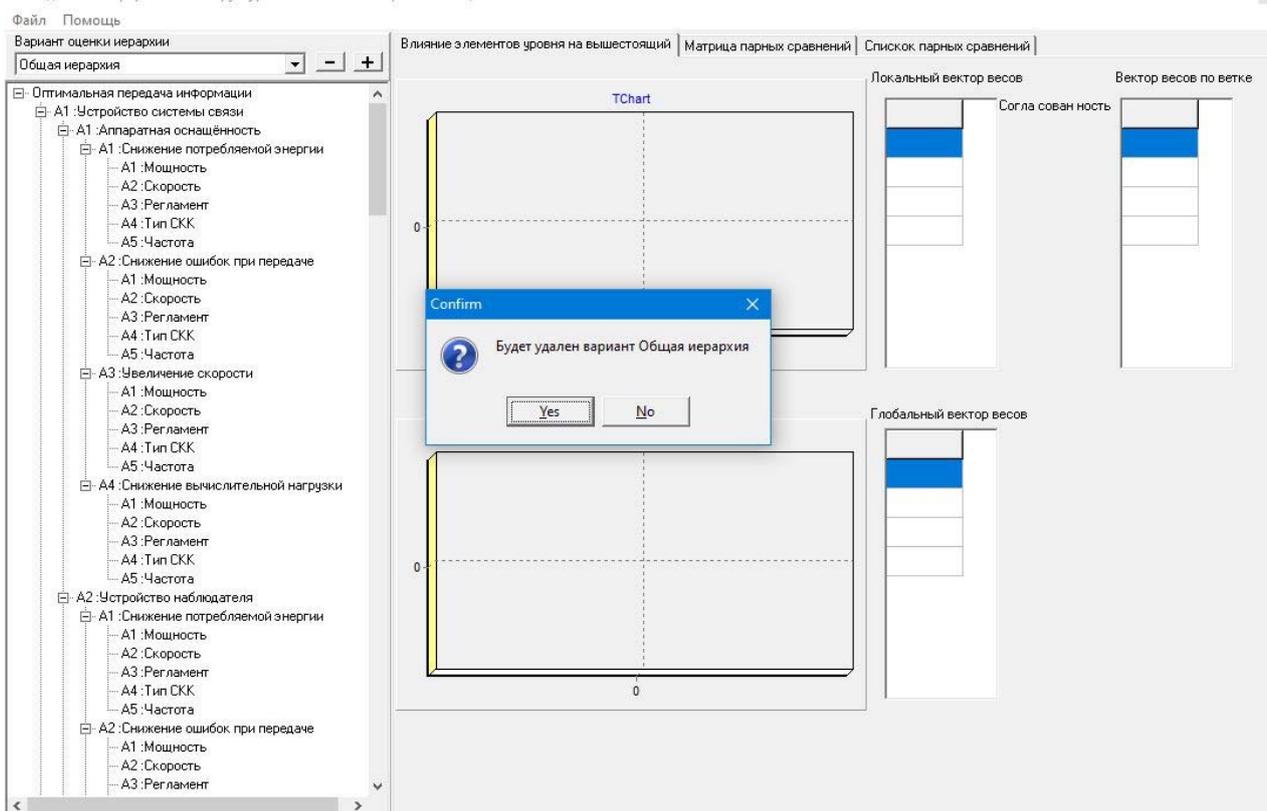


Рис. 5. Подтверждение удаления варианта

Для добавления элементов в иерархию необходимо нажать правой кнопкой мыши по элементу, к которому будут добавлены наследники и выбрать «Добавить». В появившемся окне нужно выбрать элемент, который будет добавлен, и внести в иерархию кнопкой. Стоит заметить, что если необходимого элемента нет, то его можно добавить. Для этого необходимо внести имя элемента в поле в правом верхнем углу и нажать «Добавить новый».

Этапы добавления элементов в иерархию показаны на рисунках 6, 7.

Для удаления элемента из иерархии необходимо нажать правой кнопкой мыши по элементу, который будет удален, и выбрать «Удалить». Затем нужно подтвердить удаление.

Этапы удаления элемента из иерархии показаны на рисунках 8, 9.

Существует два способа ввода значений в матрицу парных сравнений. Первый способ – ввод через матрицу. Для этого нужно перейти во вкладку «Матрица парных сравнений» и ввести значения в соответствующие ячейки. Второй способ – ввод через бегунки. Для этого нужно перейти во вкладку «Список парных сравнений» и выбрать значения в соответствующих строках. Ввод данных через матрицу и через бегунки показан на рисунках 10, 11.

Для сохранения данных в матрице и для расчета весов необходимо на вкладке «Матрица парных сравнений» нажать на кнопку «Записать матрицу».

Запись матрицы показана на рисунке 12.

Чтобы свернуть всю иерархию необходимо нажать на кнопку «–», чтобы развернуть – кнопку «+».

Иерархии в свернутом и развернутом виде показаны на рисунках 13, 14.

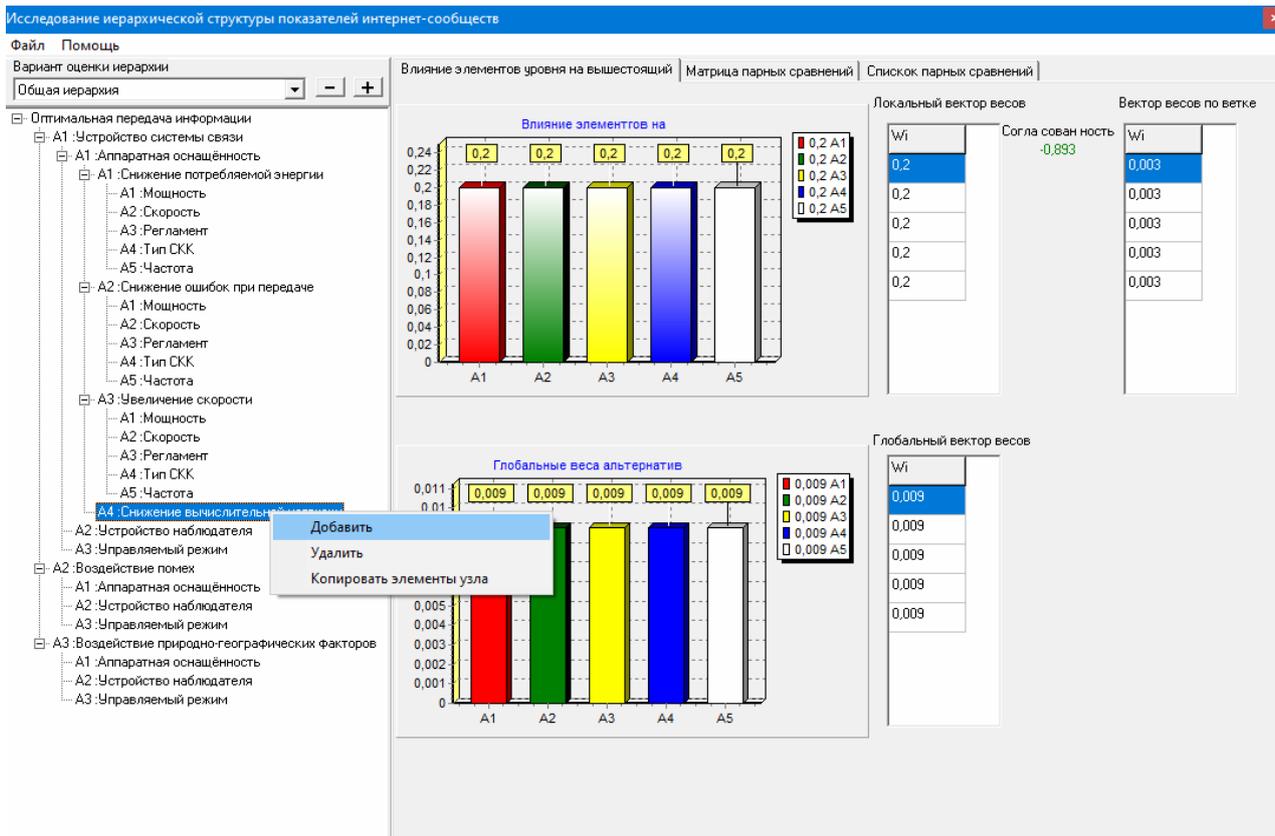


Рис. 6. Выбор «Добавить»

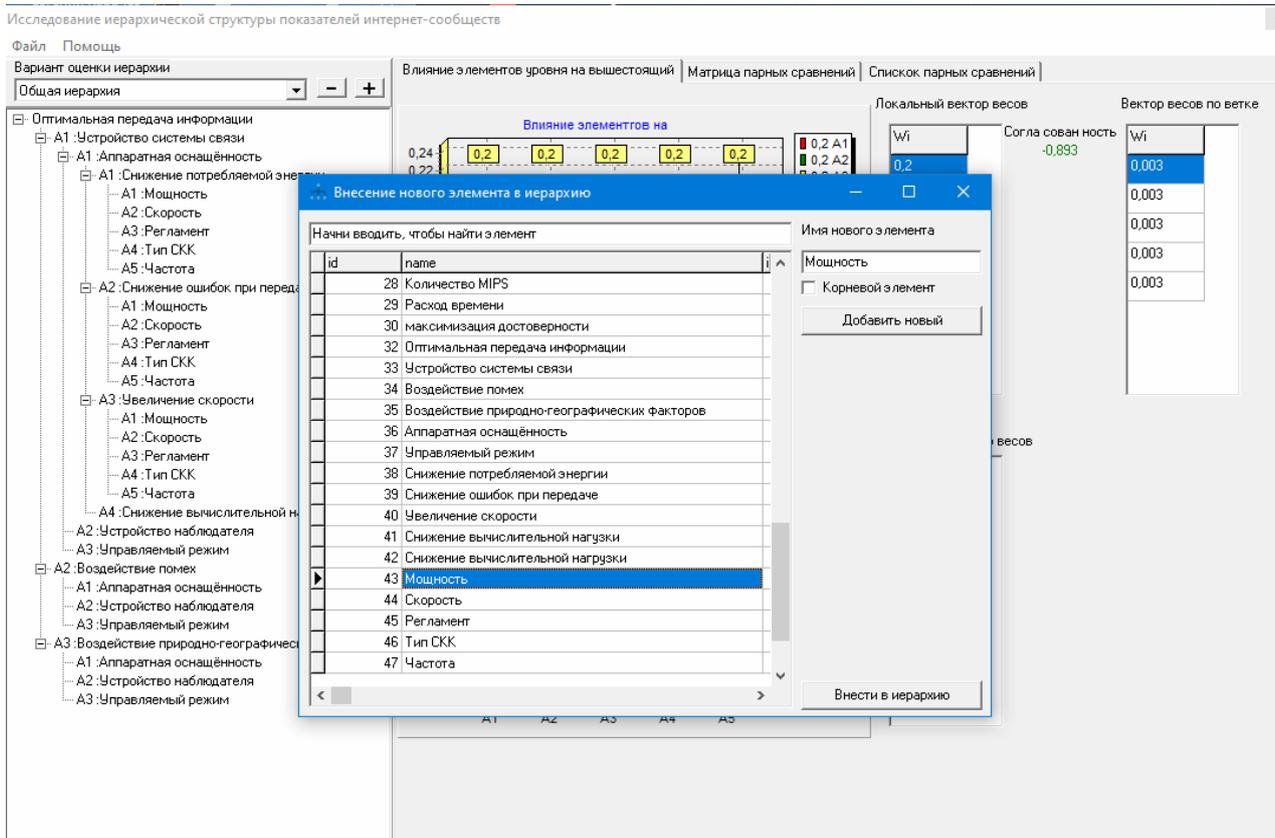


Рис. 7. Выбор элемента для занесения в иерархию

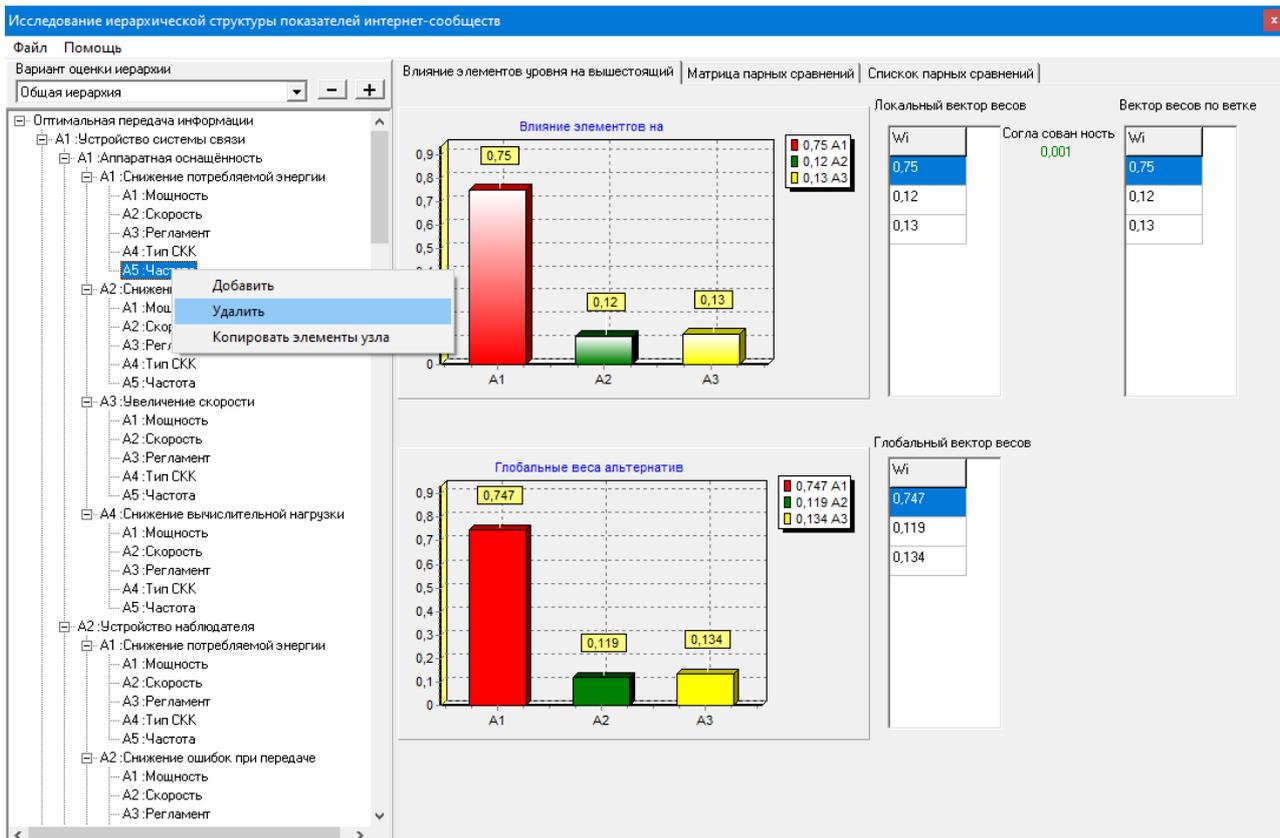


Рис. 8. Выбор «Удалить»

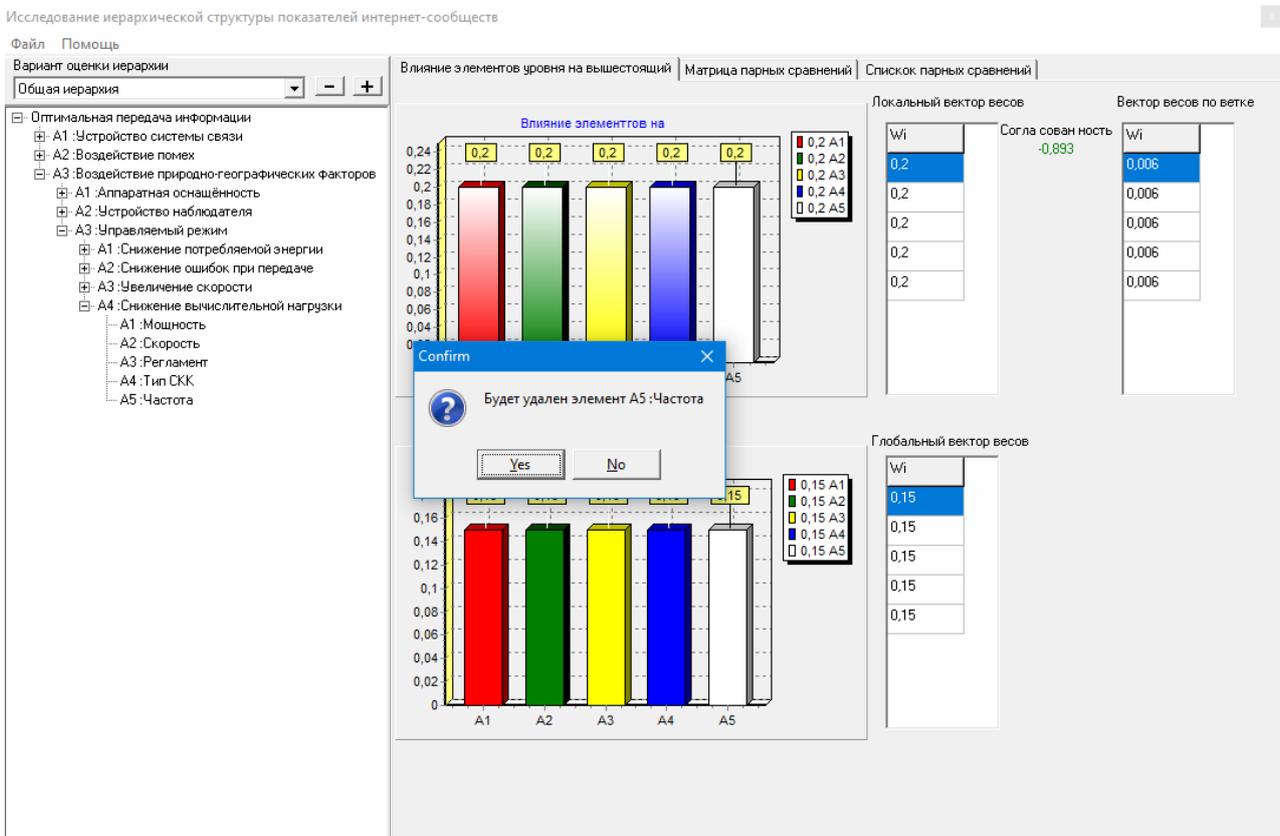


Рис. 9. Подтверждение удаления

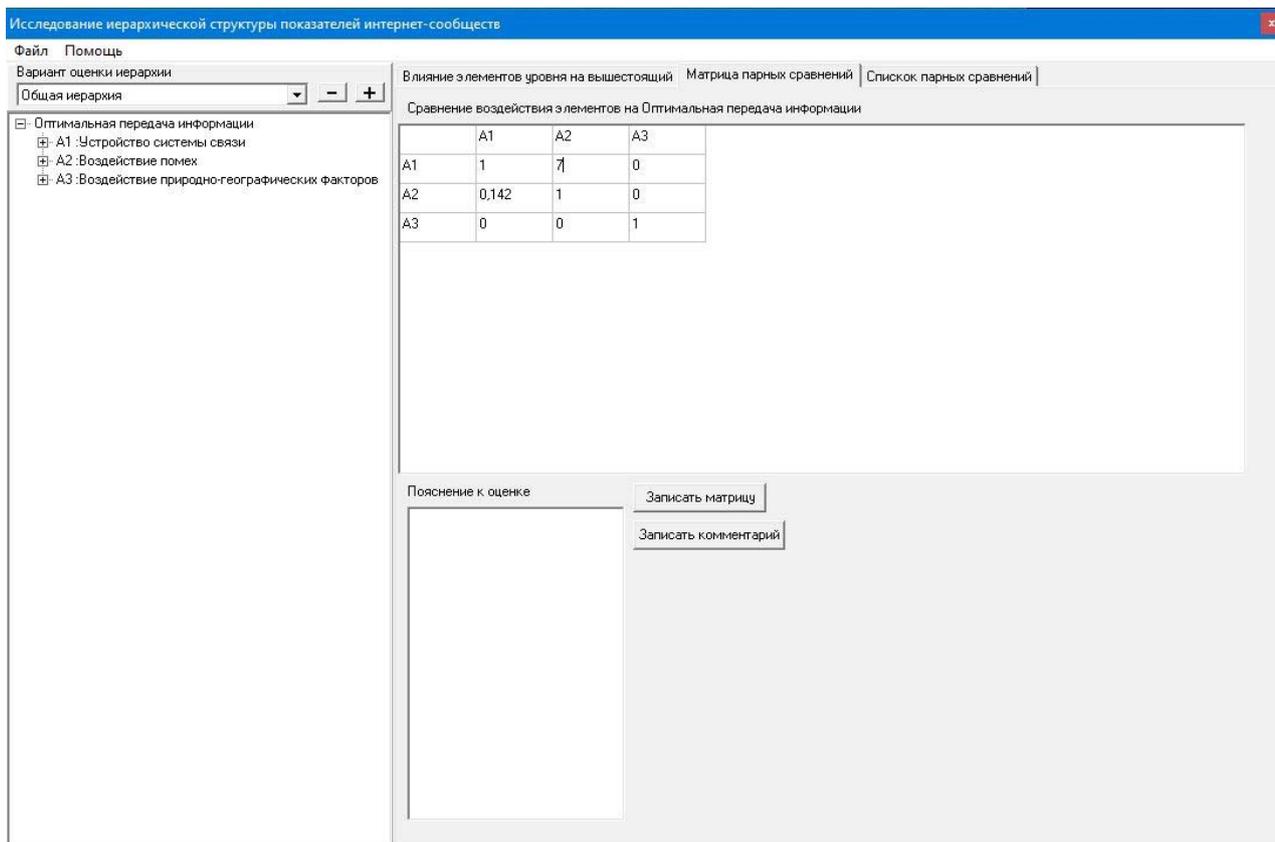


Рис. 10. Ввод значений через матрицу

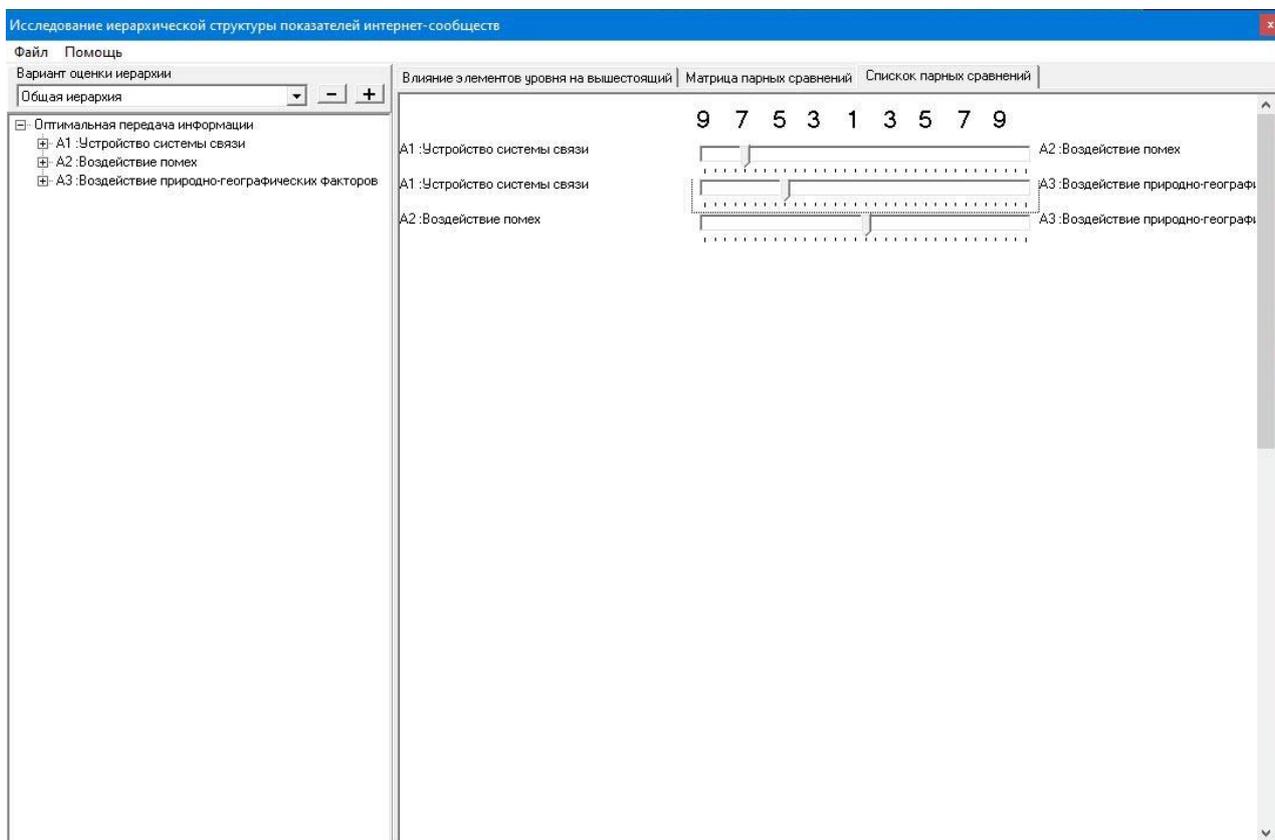


Рис. 11. Ввод значений через бегунки

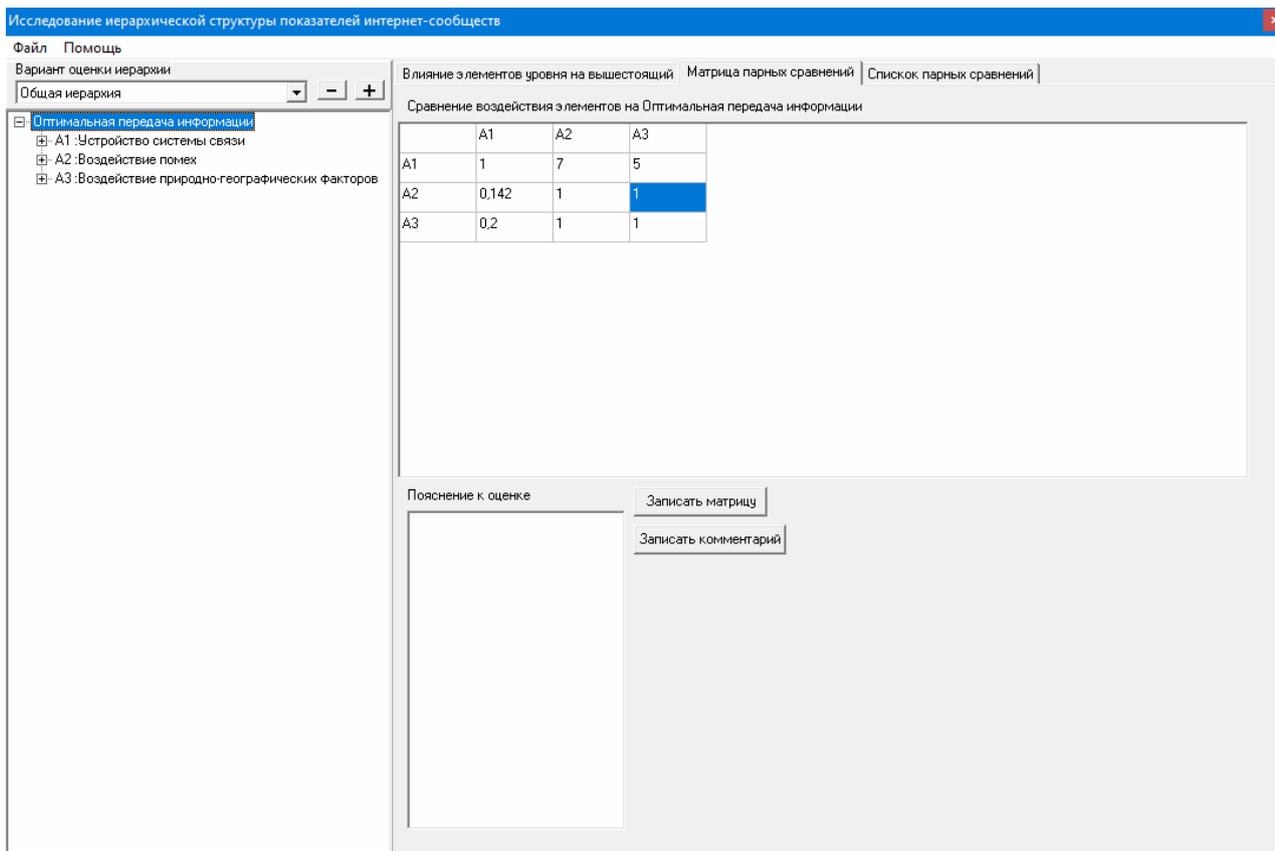


Рис. 12. Запись матрицы

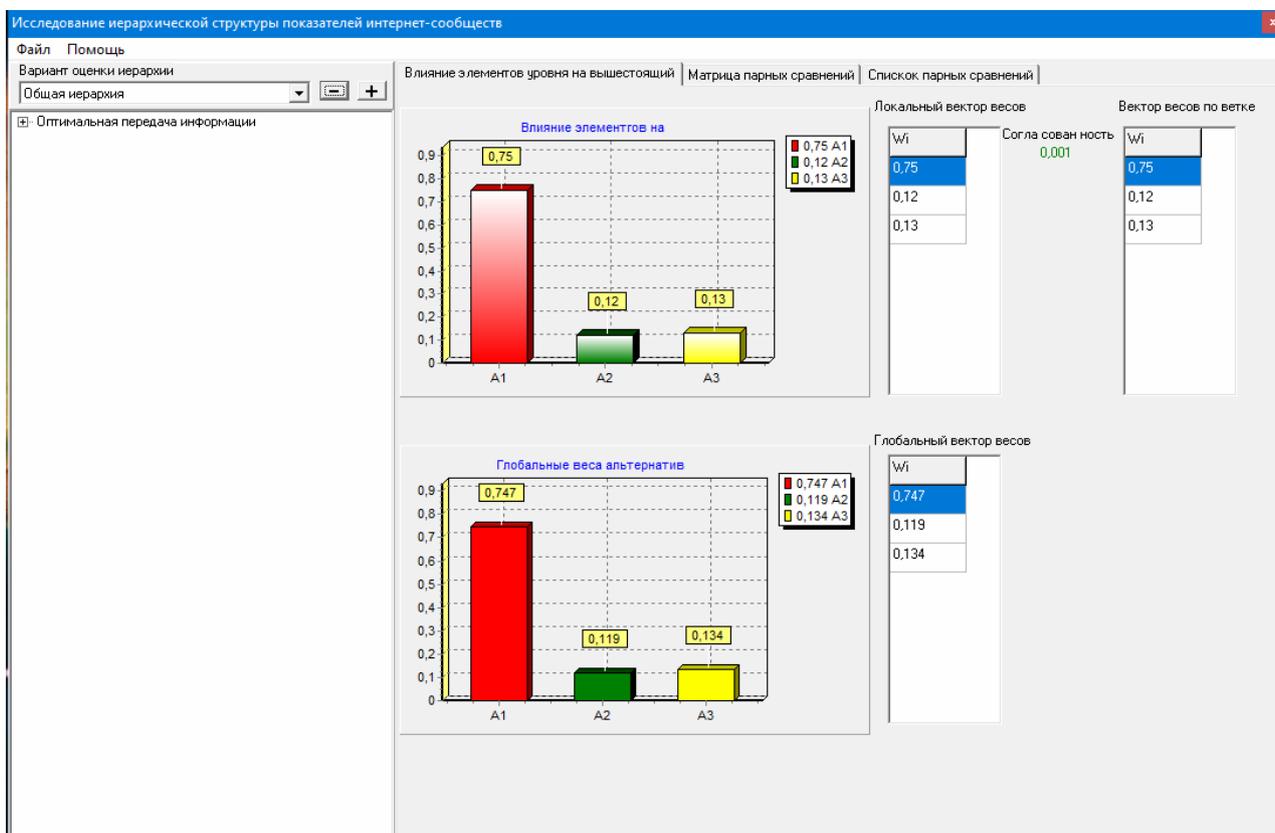


Рис. 13. Иерархия в свернутом виде

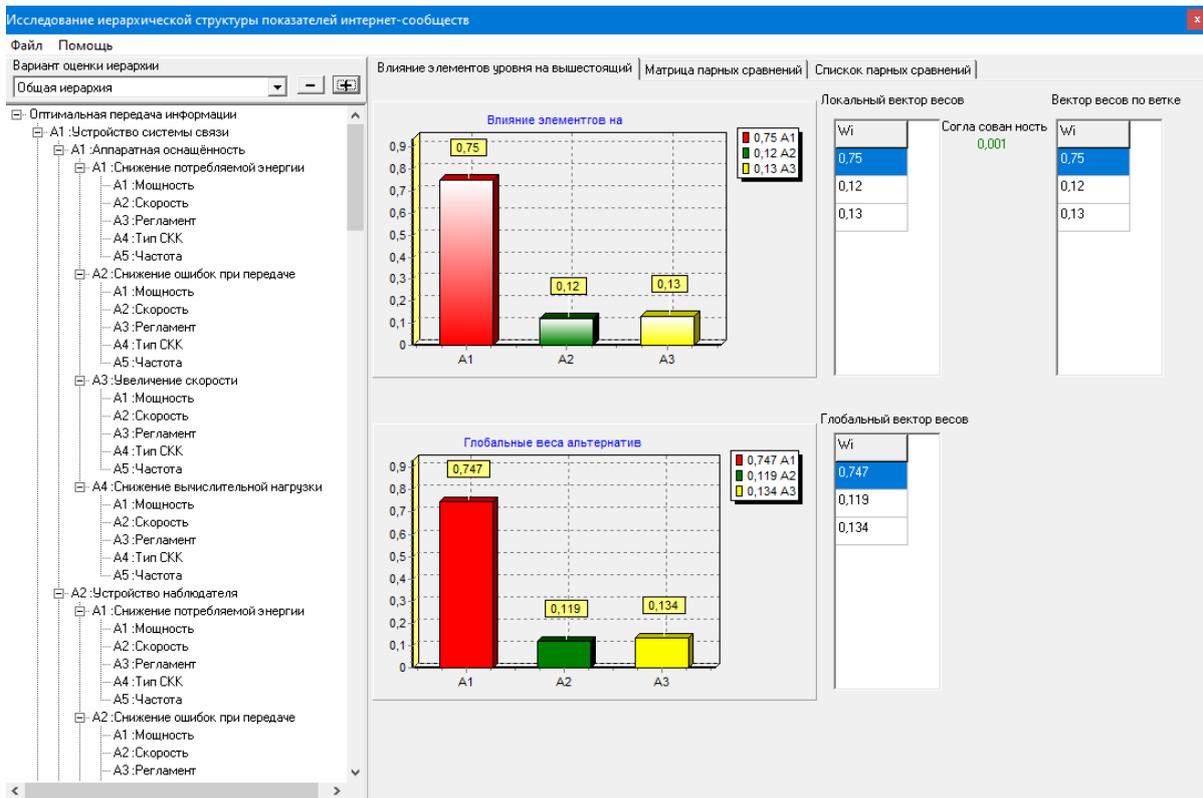


Рис. 14. Иерархия в развернутом виде

Для просмотра полученных результатов необходимо выбрать нужный элемент в иерархии. Данные отобразятся в виде векторов и диаграмм. Результаты вычислений показаны на рисунке 15.

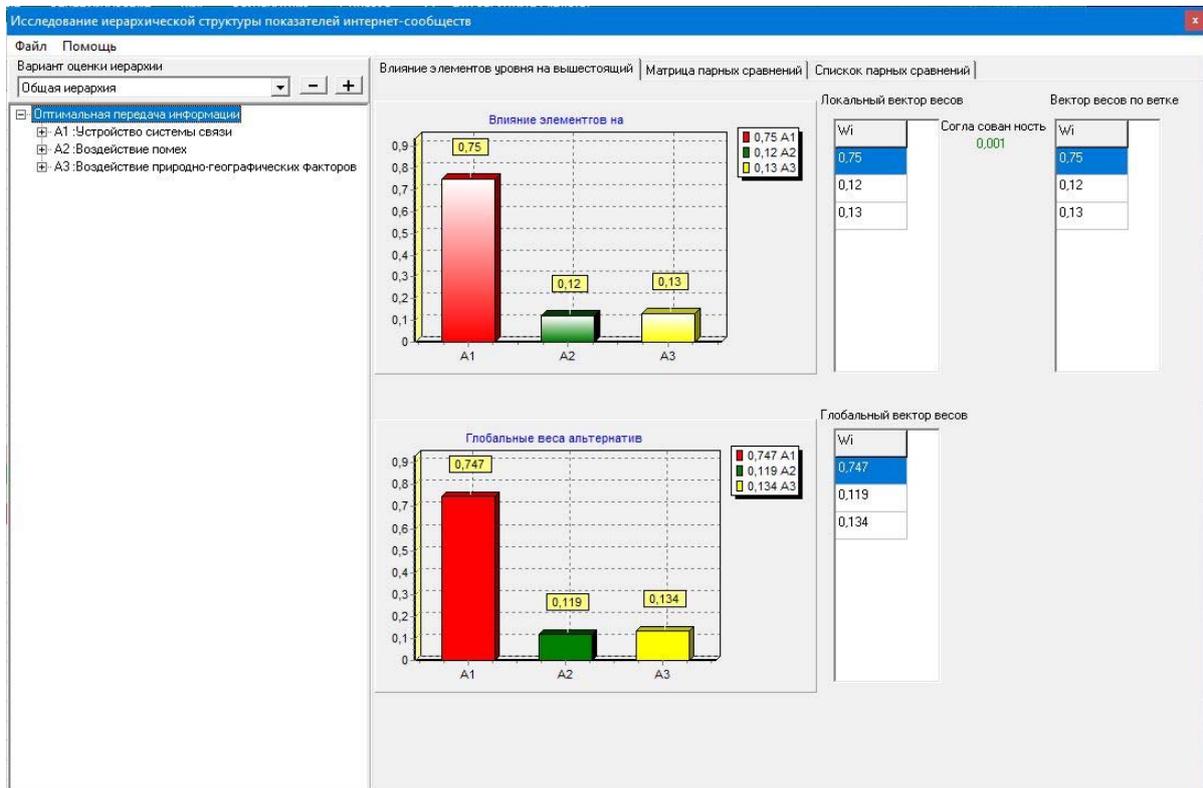


Рис. 15. Просмотр результатов вычислений

Для копирования данных из внешней базы данных необходимо выбрать соответствующий пункт во вкладке «Файл». В открывшемся окне нужно выбрать базу данных, из которой будут скопированы данные. Спустя пару секунд появится сообщения об успешном завершении копирования.

Этапы копирования данных представлены на рисунках 16–18.

Для усреднения локальных весов необходимо выбрать соответствующий пункт в меню «Файл». В открывшемся окне нужно выбрать варианты и подтвердить. На появившейся форме можно выбрать ветку, для которой рассчитаются усредненные веса. Отображаются результаты в виде таблицы, векторами и диаграммами. Также можно вывести результаты в Excel: для этого необходимо нажать на кнопку «Вывод» на панели меню.

Этапы усреднения весов представлены на рисунках 19–22.

Вывод результатов в Excel – на рисунках 23, 24.

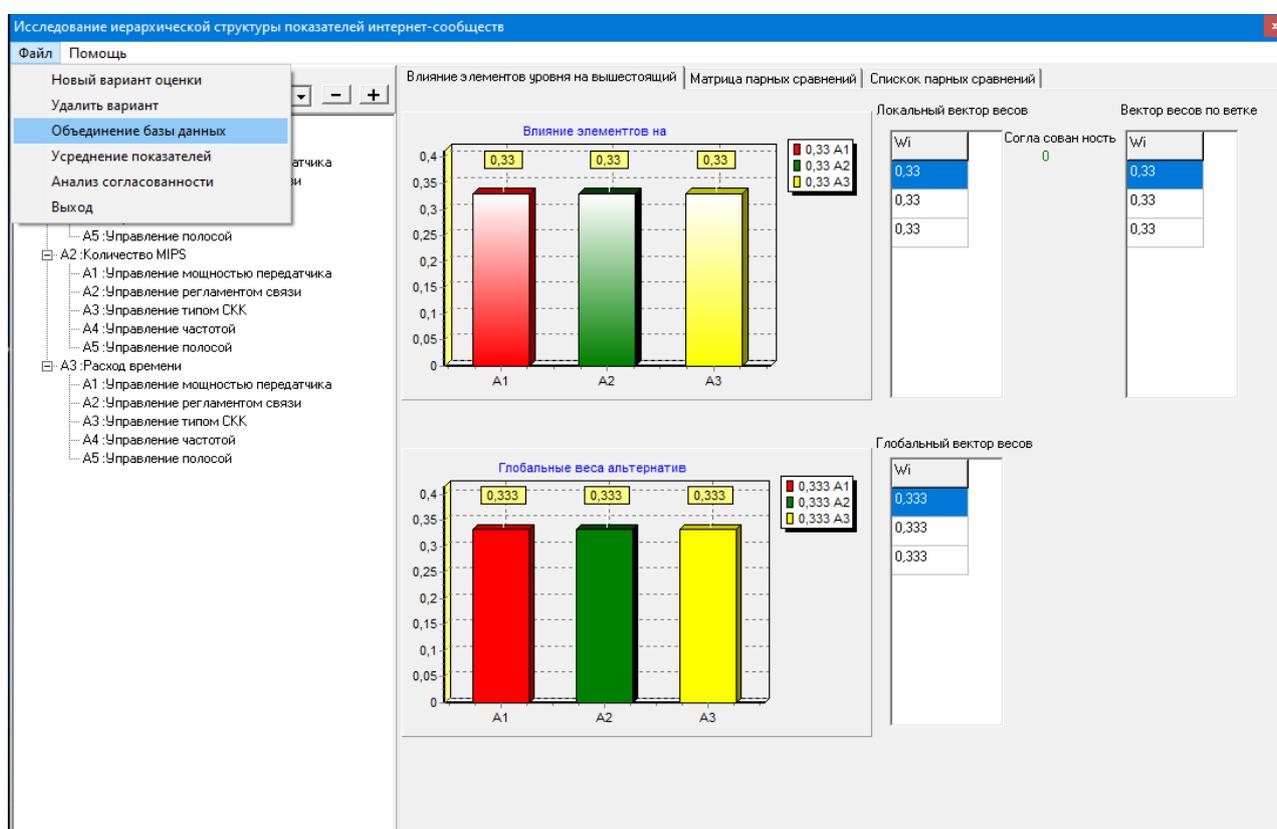


Рис. 16. Выбор соответствующего пункта в меню

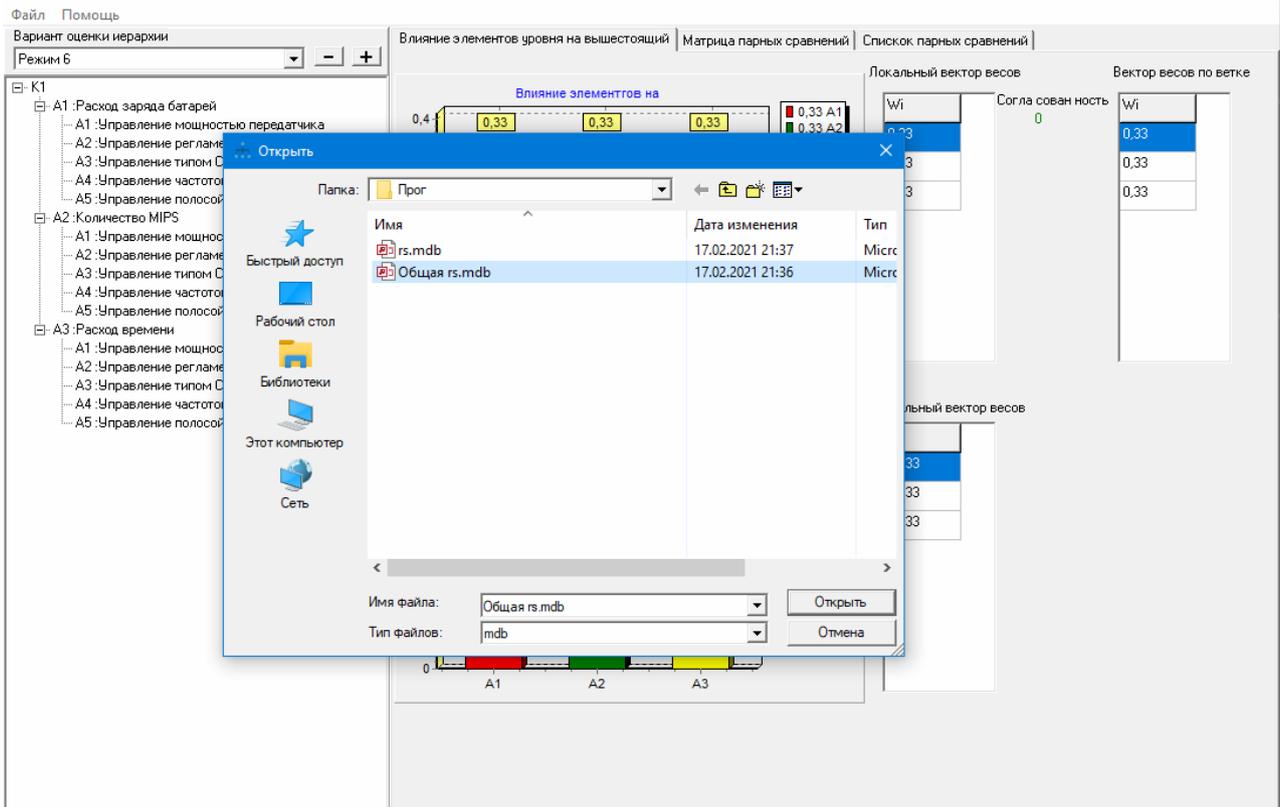


Рис. 17. Выбор внешней базы данных

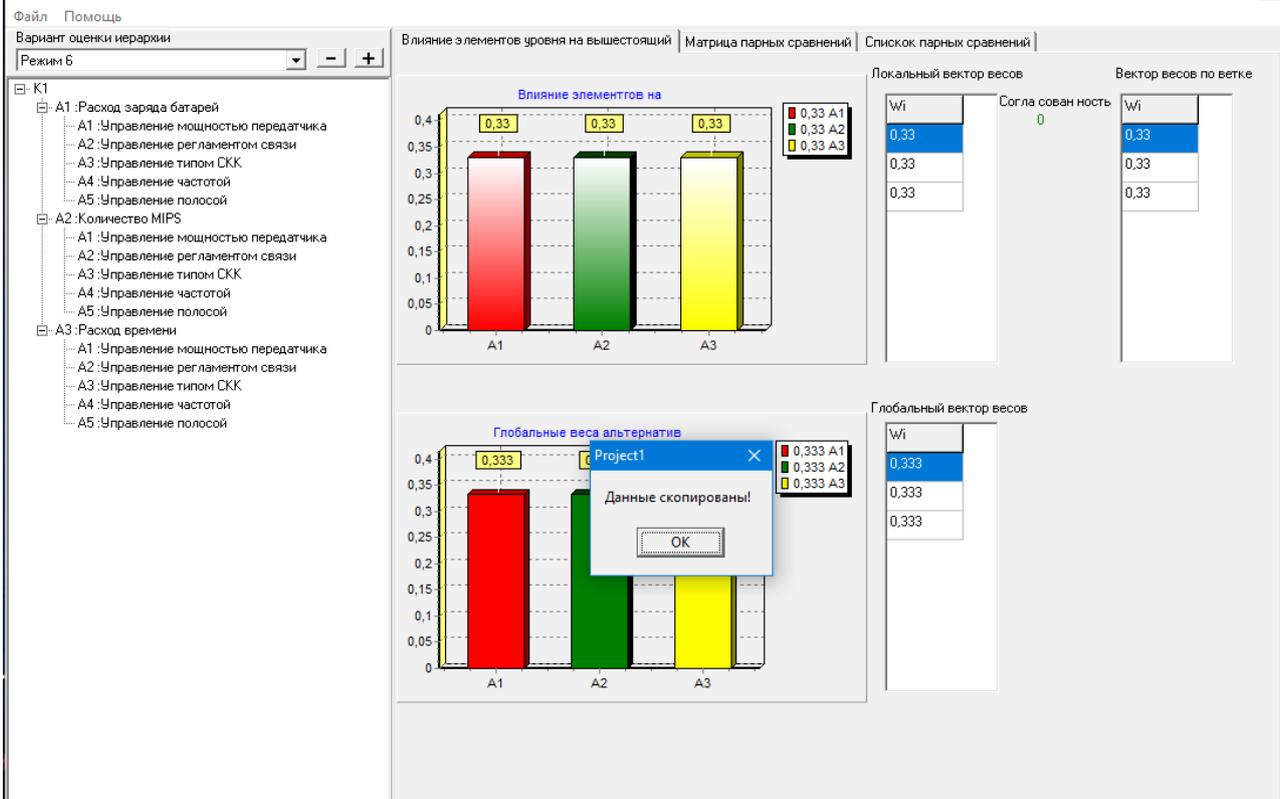


Рис. 18. Сообщение о завершении копирования

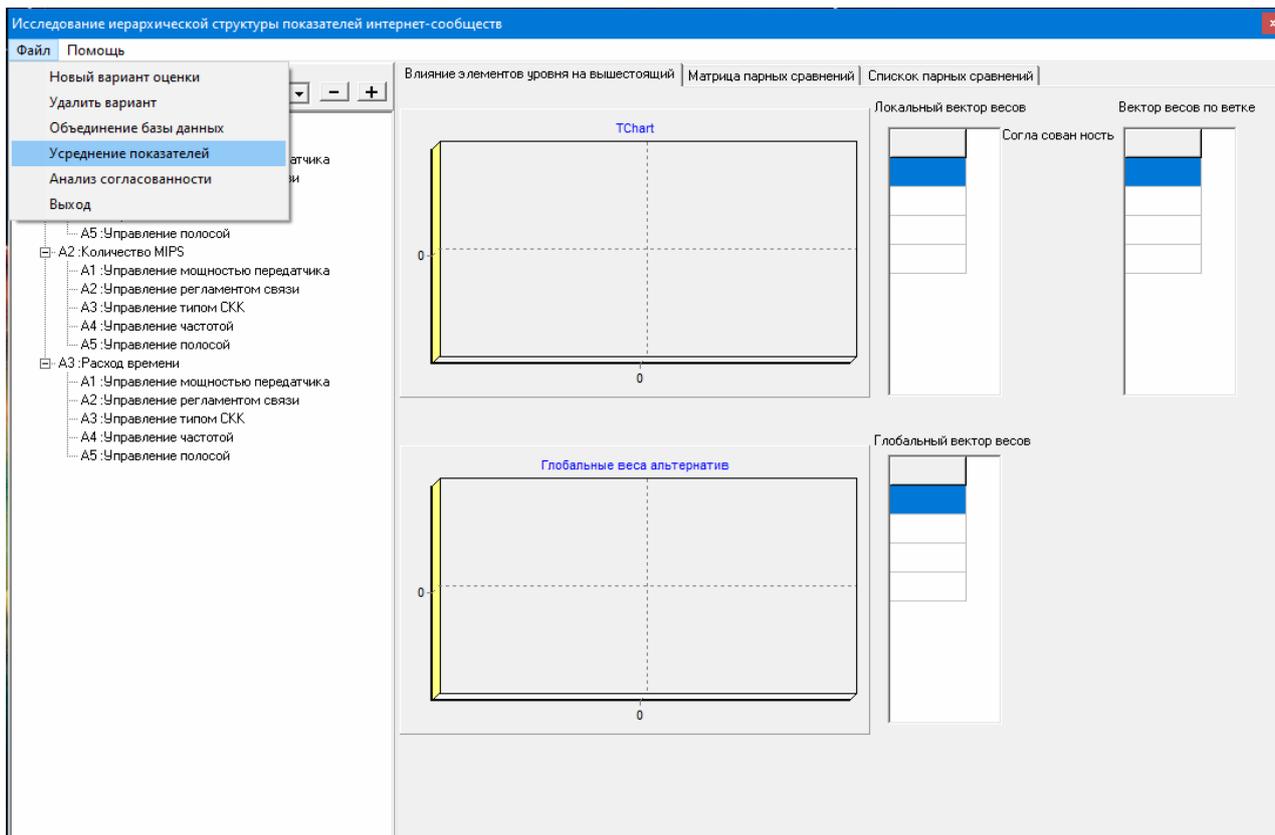


Рис. 19. Выбор соответствующего пункта в меню

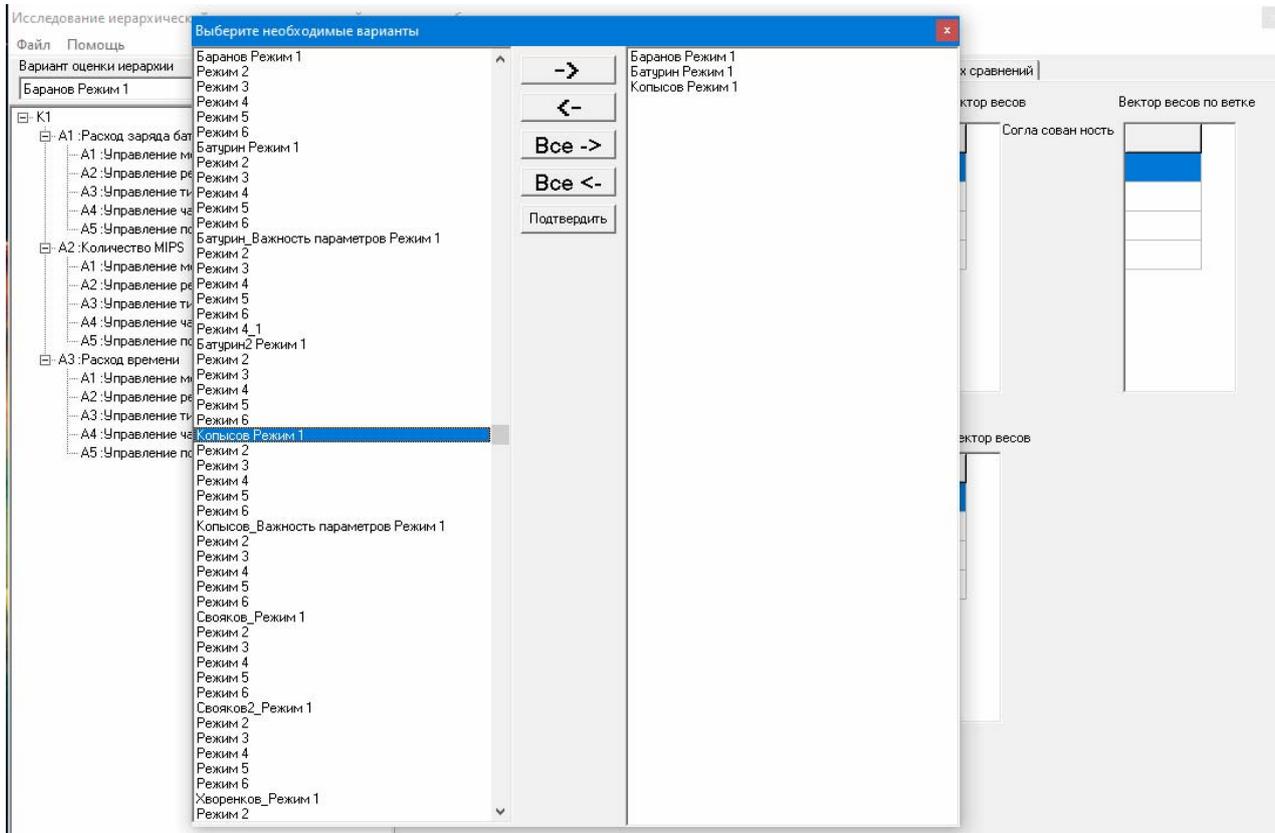


Рис. 20. Выбор вариантов оценки

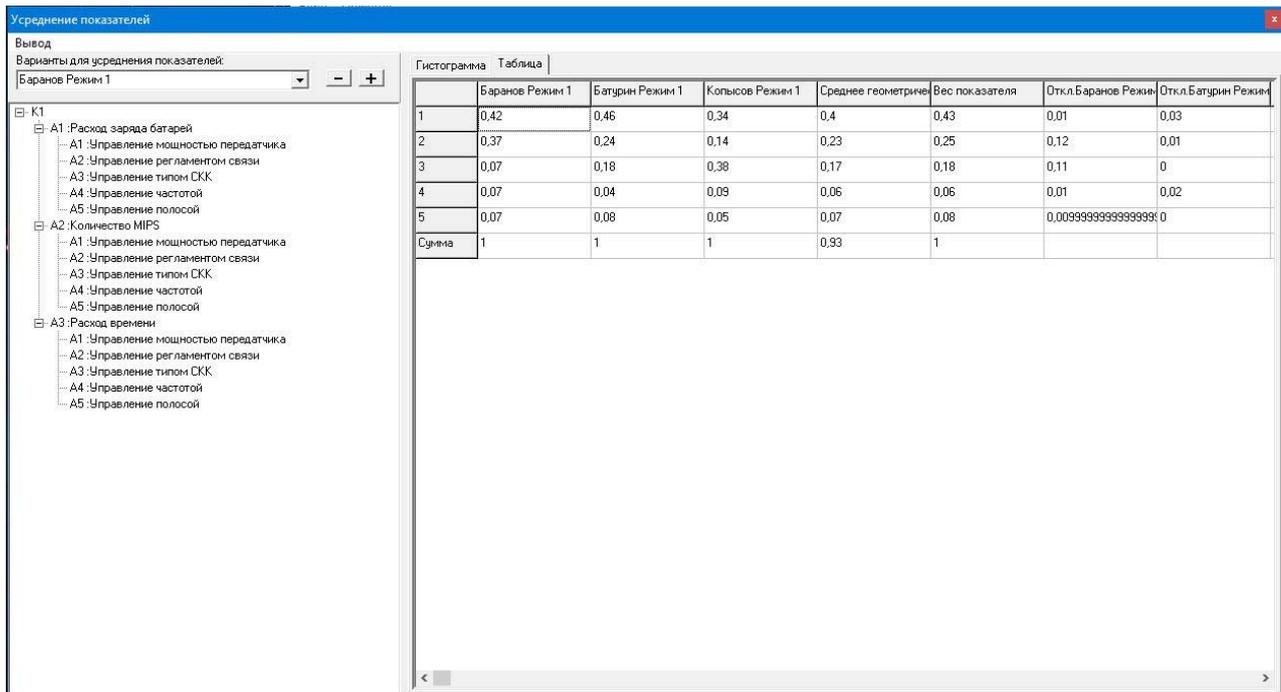


Рис. 21. Результаты в табличном виде

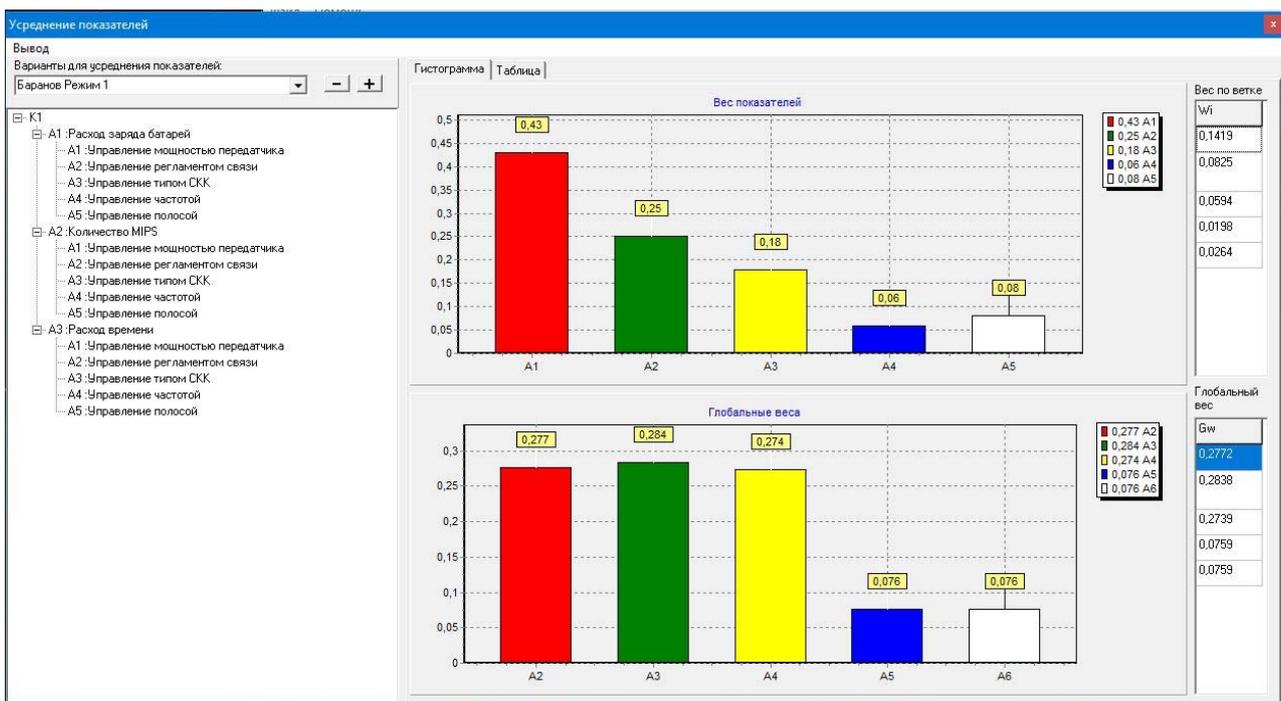


Рис. 22. Результаты в виде векторов и диаграмм

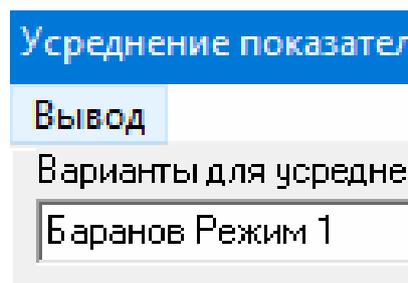


Рис. 23. Вывод в Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	K1		1											
2	A1 :Расход заряда батарей	0,33												
3	A1 :Управление мощностью передатчика	0,1485	0,3069											
4	A2 :Управление регламентом связи	0,1023	0,3036											
5	A3 :Управление типом СКК	0,0363	0,231											
6	A4 :Управление частотой	0,0165	0,066											
7	A5 :Управление полосой	0,0231	0,0792											
8	A2 :количество MIPS	0,33												
9	A1 :Управление мощностью передатчика	0,0198	0,3069											
10	A2 :Управление регламентом связи	0,0825	0,3036											
11	A3 :Управление типом СКК	0,1683	0,231											
12	A4 :Управление частотой	0,0264	0,066											
13	A5 :Управление полосой	0,0297	0,0792											
14	A3 :Расход времени	0,33												
15	A1 :Управление мощностью передатчика	0,1386	0,3069											
16	A2 :Управление регламентом связи	0,1188	0,3036											
17	A3 :Управление типом СКК	0,0264	0,231											
18	A4 :Управление частотой	0,0231	0,066											
19	A5 :Управление полосой	0,0264	0,0792											
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														

Рис. 24. Файл Excel с результатами

Результаты работы

В результате разработки создан инструмент, автоматизирующий работу с экспертами при проведении коллективных экспертиз по методу анализа иерархий. Инструмент автоматизирует проведение иерархических экспертиз в графическом режиме, накапливает знания об объектах исследования (результаты и пояснения к парным сравнениям, сбор в единую структуру результатов локальных экспертиз). Также в системе реализован механизм копирования узла иерархий и копирования данных из внешней базы экспертов, вывода результатов экспертиз в формат xls и выгрузки части экспертиз на анализ изолированному эксперту, получения обобщенных мнений по набору экспертиз, нахождения наибольших отклонений мнений от обобщенных по набору экспертиз, измерения согласованности ответов экспертов по экспертизе.

Список использованных источников

1. Численная реализация алгоритма управления запасами при длительных сроках поставки комплектующих в условиях «узких» мест производственного цикла / Г. А. Благодатский, В. А. Тенев, А. С. Шаура, Д. С. Шаура // Интеллектуальные системы в производстве. – 2016. – № 4 (31). – С. 40–44.
2. Анализ иерархической модели автоматизированной системы управления параметрами радиолиний когнитивной радиосистемы / Г. А. Благодатский, А. Н. Копысов, В. В. Хворенков, И. С. Батулин // Научные технологии в космических исследованиях Земли – 2018. – № 6 (10). – С. 51–67.
3. Благодатский, Г. А. Методы и инструменты исследования иерархической структуры показателей интеграции интернет-сообществ / Г. А. Благодатский, Е. В. Карачев // Системы компьютерной математики и их приложения – 2020. – № 21. – С. 283–290.

4. *Благодатский, Г. А.* Подходы к автоматизации анализа иерархических систем / Г. А. Благодатский, Е. В. Карачев // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании – 2020. – № 1. – С. 110–116.
5. *Благодатский, Г. А.* Программа для расчёта показателя интеграции интернет-сообщества «Интернет-социальность», RU 2020618004, 2020 / Благодатский Г. А., Карачев Е. В.
6. *Клир, Д.* Системология. Автоматизация решения системных задач. – Москва : Радио и связь, 1990. – 544 с.
7. *Мюшик, Э.* Методы принятия технических решений / Э. Мюшик, П. Мюллер. – Москва : Мир, 1990. – 208 с.
8. Моделирование систем / В. Н. Волкова [и др.]. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 430 с.

К. Э. Корепанов, магистрант, krik100500@bk.ru
Р. Э. Шибанов, r.shibanovv@gmail.com
И. А. Кайсина, аспирант, irinakaysina25@gmail.com
А. В. Абилов, кандидат технических наук
М. А. Ламри, аспирант
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Анализ моделей распространения радиосигнала для имитационного моделирования беспроводных сетей в среде NS-3*

Рассмотрены модели распространения сигнала в сетевом симуляторе Network Simulation 3 (NS-3). Целью анализа являлось определение наиболее подходящей модели для дальнейшей разработки программы и проведения имитационного моделирования процесса передачи данных с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) к наземной станции. При различных условиях передачи, например, городская застройка, пригородная и открытая местности.

Ключевые слова: БПЛА, NS-3, модели распространения сигнал, имитационное моделирование, передача данных.

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся все более востребованными на рынке. Несколько лет назад большинство БПЛА использовались преимущественно в военных целях, сейчас в связи со снижением стоимости, как самих летательных аппаратов, так и их обслуживания, беспилотники начали использоваться в новых отраслях, например: мониторинг нефтегазопровода или линий электропередач, контроль строительных и ремонтных работ и т. д. В целях предотвращения аварийных ситуаций, при выполнении всех вышеперечисленных миссий, необходимо обеспечивать надежную и качественную связь между наземной станцией и БПЛА. На данный момент экономически не выгодно проводить реальные запуски беспилотников для оценки качества каналов связи и новых алгоритмов, направленных на улучшение связи в сети БПЛА. Вследствие этого можно рассматривать применение программ для имитационного моделирования процесса передачи данных, однако четко не структурирована информация по моделям распространения сигнала, что является важным фактором для прогнозирования качества связи.

В работе рассмотрены различные модели распространения сигнала в сетевом симуляторе NS-3, проведен анализ их применения для моделирования передачи данных в сетях БПЛА [1]. Network Simulator 3 – это симулятор сети

© Корепанов К. Э., Шибанов Р. Э., Кайсина И. А., Абилов А. В., Ламри М. А., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06076.

с дискретными событиями, предназначенный преимущественно для исследовательской деятельности. Симулятор имеет открытый исходный код, для того чтобы исследователи могли внести свой вклад и поделиться своими программными наработками. Код написан на языке программирования C++, с помощью которого реализуется сценарий имитационного моделирования [2]. NS-3 был разработан как набор библиотек с возможностью подключения внешних инструментов анализа данных и инструментов визуализации. Данный симулятор будет рассмотрен в виде открытой площадки для имитационного моделирования процесса передачи данных между БПЛА [3].

Модели для открытого пространства

Наиболее часто в научных работах рассматривается выполнение миссий БПЛА в открытой местности (например, поле), в условиях высокой застройки (например, город) и низкой застройки (например, поселок или пригород). Таким образом, можно определить 3 условные, часто используемые среды распространения сигнала – открытая, городская и пригородная. Каждая из этих трех локаций подразумевает свои особенности распространения. Особенностью открытой среды (рис. 1, а) является отсутствие преград на пути распространения электромагнитных волн, поэтому потери и задержки обуславливаются расстоянием и потерей сигнала. В городской среде (рис. 1, б) высотные здания и большое количество движущихся транспортных средств вызывают фазовый сдвиг (явление дифракции, доплеровский сдвиг). Подобное влияние на сигнал наблюдается и в пригородной местности (рис. 1, в), но оно значительно меньше за счет более низких зданий и меньшего количества движущихся объектов, чем в городской среде. В связи с этим разные модели распространения сигнала нужны для разных сред. Для открытой местности подходят следующие модели из библиотек программного симулятора NS-3:

- Always Los Channel Condition Model;
- Friis Propagation Loss Model;
- Nakagami Propagation Loss Model.

Модель *Always Los Channel Condition Model* является надежным инструментом для проведения простейшей симуляции в программе NS-3, так как изначально не учитывает потери сигнала и влияние расстояния [2]. За счет возможности настройки состояния канала передачи, между получателем и передатчиком, пользователь может сам задавать параметры распространения сигнала в сети БПЛА, например, Los Condition Value (табл. 1) или O2i Condition Value (табл. 2), которые необходимы для исследования [4].

Модель распространения *Friis Propagation Loss Model* позволит провести симуляцию любого сценария на открытой местности [5]. Исходное уравнение модели потерь выглядит следующим образом:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{A_r A_t}{d^2 \lambda^2}, \quad (1)$$

где P_r – мощность приемника, Вт; P_t – мощность передатчика, Вт; λ – длина волны, м; d – расстояние, м.

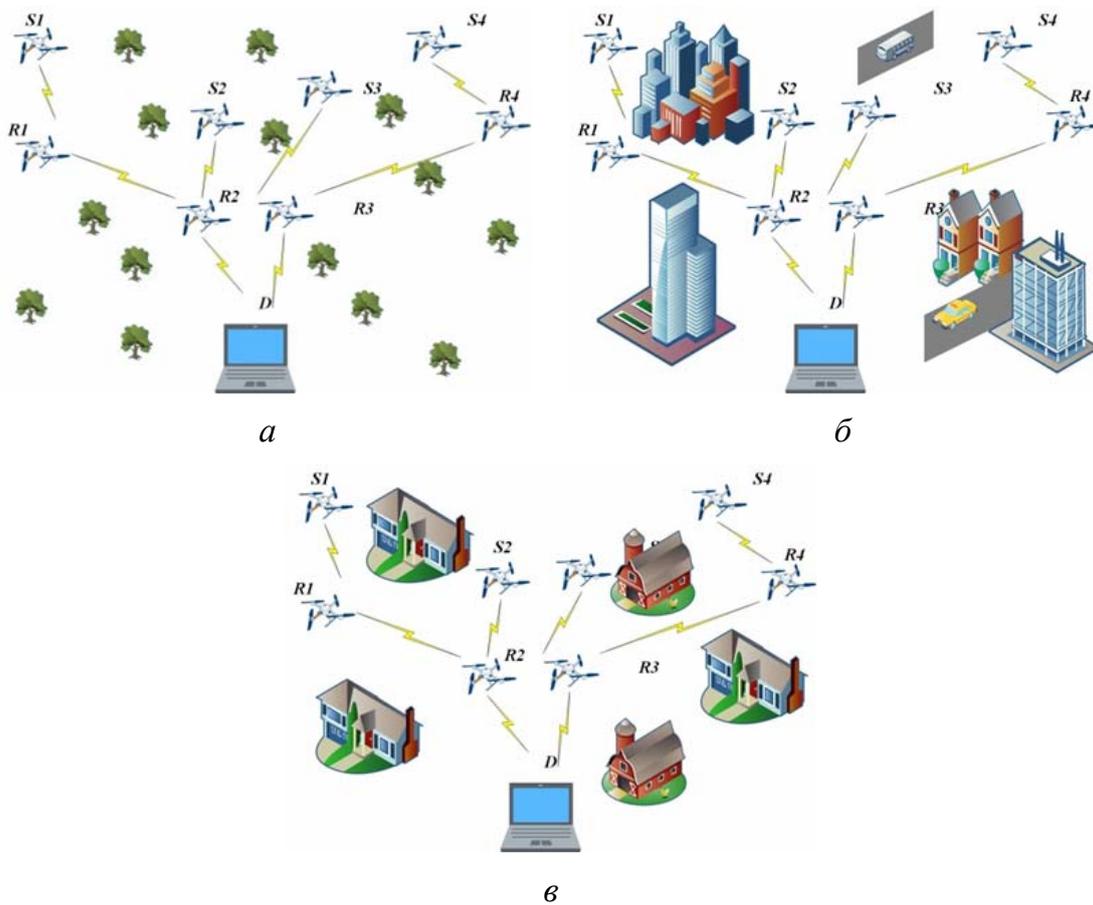


Рис. 1. Среды распространения радиосигнала: а – открытая; б – городская; в – пригородная

Таблица 1. Значения для параметра Los Condition Value

LOS	Канал в прямой видимости
NLOS	Канал не в прямой видимости
NLOS _v	Канал не в прямой видимости при движении объекта
LC_ND	Канал передачи отключен

Таблица 2. Значения для параметра O2i Condition Value

O2O	Передача осуществляется на улице
O2I	Передача осуществляется с улицы в помещение или наоборот
I2I	Передача осуществляется внутри помещения
O2I_ND	Канал передачи отключен

В данной модели существует возможность рассмотрения сценария с идеальной антенной без тепловых потерь, который описывается следующим уравнением:

$$A_{is} = \frac{\lambda^2}{4\pi}. \quad (2)$$

В результате получается уравнение вида

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{\lambda^2}{(4\pi d)^2}. \quad (3)$$

В современном виде модель потерь при распространении Фрииса описывается следующим уравнением:

$$P_r = \frac{P_t G_r G_t \lambda^2}{(4\pi d)^2 L}, \quad (4)$$

где G_t – усиление передачи (без единицы измерения); G_r – усиление приема (без единицы измерения); L – системные потери (без единицы измерения).

В реализации λ вычисляется как $\lambda = \frac{C}{f}$, где $C = 299792458$ (м/с) – скорость света в вакууме, а f – частота, Гц, которая может настраиваться пользователем с помощью атрибута Frequency.

Модель Фрииса действительна только для распространения в открытой среде.

Для увеличения реалистичности результатов возможно использование модели потерь Накагами, которая учитывает изменения в мощности сигнала. Модель не учитывает потери из-за расстояния, пройденного сигналом, поэтому для моделирования процесса передачи данных рекомендуется рассмотреть возможность ее использования в сочетании с другими моделями, которые учитывают этот аспект.

Распределение Накагами применяется к уровню мощности. Функция плотности вероятности определяется как

$$p(x, m, \omega) = \frac{2m^m}{\Gamma(m)\omega^m} x^{2m-1} e^{-\frac{m}{\omega}x^2}, \quad (5)$$

где m – параметр задержки; ω – средняя принимаемая мощность.

Реализация модели позволяет указать разные значения параметра m для трех разных диапазонов расстояний, как показано на рисунке 2 [6].



Рис. 2. Диапазоны расстояний

Модели для городской и пригородной среды

Для городской и густозаселенной среды, например, спальных районов или бизнес-центров, подходящими моделями будут являться следующие.

Модель распространения Окумура – Хата – модель распространения радиоволн для прогнозирования потерь на пути сотовой передачи во внешней среде, действительная для микроволновых частот от 150 МГц до 2 ГГц. Данная модель подходит не только под городскую местность, но и под открытую. Модель Хата для городской среды является базовой формулировкой, поскольку

она основана на измерениях Окумуры, сделанных в застроенных районах Токио [7], которая сформулирована следующим образом:

$$L_U = 69,55 + 26,16 \log_{10} f - 13,82 \log_{10} h_B - C_H + [44,9 - 6,55 \log_{10} h_B] \log_{10} d, \quad (6)$$

где L_U – потери на трассе в городских районах; h_B – высота антенны базовой станции; f – частота передачи; C_H – коэффициент поправки на высоту антенны; d – расстояние между базовой и мобильной станциями.

Также существует модель для небольшого или среднего города:

$$C_H = 0,8 + (1,1 \log_{10} f - 0,7) h_M - 15613,82 \log_{10} f, \quad (7)$$

где h_M – высота антенны мобильной станции.

Далее рассмотрено 2 модели предназначенных для густозаселенных районов Log-Distance Path Loss Model и Buildings Propagation Loss Model. Первая модель рассчитывает приемную мощность с моделью логарифмического распространения:

$$L = L_0 + 10 \log_{10} \frac{d}{d_0}, \quad (8)$$

где d – длина пути; d_0 – эталонное расстояние; L – потери пути; L_0 – потеря пути на эталонном расстоянии.

Вторая модель (Buildings Propagation Loss Model) может обеспечить моделирования следующих явлений распространения внутри здания:

- дифракция;
- потери при проникновении через внешние стены;
- потери при проникновении через внутреннюю стену [8].

Выбор изначально корректной модели распространения в городской среде или внутри здания для БПЛА позволит проводить имитационное моделирование в более реальных условиях, что позволит с большей вероятностью избежать аварийных ситуаций.

Анализ стандарта 3gpp

Помимо обычных моделей распространения в NS-3 существуют модели распространения, базируемые на стандартах связи 3gpp. 3gpp это консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии. За время существования объединения были разработаны стандарты: WCDMA, HSPA, LTE, LTE Advanced, 5G. WCDMA – стандарт сотовой связи третьего поколения (3G), он внедрялся в качестве надстройка над 2G/GSM сетями. HSPA – технология высокоскоростной пакетной передачи данных, являющаяся надстройкой в 3G-сетях стандарта WCDMA/UMTS. LTE – стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными. Стандарт LTE работает в трех диапазонах 800 МГц, 1800 МГц, 2600 МГц, покрывает огромные территории и может использоваться во всех трех основных средах распространения. Стандарт 5G подразделяется на две по-

лосы частот: FR1 (600...6000 МГц) и FR2 (24...100 ГГц), каждая с различными возможностями [9]. На основе всех этих стандартов были разработаны следующие модели распространения:

- RMA (Rural macro model), используется в пригородной местности до 1700 м;
- UMA (Urban macro model), используется в городской местности до 500 м;
- UMI (Urban micro model), используется в городской местности до 200 м;
- Indoor (Indoor hotspot model), используется внутри здания до 60 [2].

Они подчиняются законам, описанным в нормативном документе TR 38.901. Используя модель 3gpp в будущем, БПЛА смогут строить собственные сети от радиовышек для высокоскоростного подключения 5G.

Вывод

В статье были рассмотрены различные модели распространения сигнала в NS-3. На основе проделанного анализа сделан вывод, что для дальнейшей разработки программ для моделирования процесса передачи данных с БПЛА к наземной станции наиболее подходящими моделями для анализа качества связи в сети БПЛА на открытой местности являются Always Los Channel Condition Model, Friis Propagation Loss Model и Nakagami Propagation Loss Model. Для моделирования в городской и пригородной средах эффективными моделями распространения являются Log-distance Path Loss Model и Buildings Propagation Loss Model. Важным аспектом при использовании данных библиотек является возможность моделировать так же передачу данных из открытой среды в закрытую и наоборот. Данные инструменты позволяют проводить имитационное моделирование с результатами, максимально приближенными к реальным значениям, что будет основой для разработки качественных и эффективных программ для анализа передачи данных в сетях БПЛА.

Список использованных источников

1. Беспилотный летательный аппарат. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат#cite_note-_22224cbeb2093dcc-2 (дата обращения: 01.04.2021).
2. Учебник по симулятору сети ns-3. – Гл. 1, 2. – URL: <https://habr.com/ru/post/497106/> (дата обращения: 02.04.2021).
3. *Кайсина, И. А.* Модель в среде ns-3 для передачи видеоданных в сети БПЛА / И. А. Кайсина, Д. С. Васильев, А. В. Абилов // Выставка инноваций – 2017 (весенняя сессия) : сборник материалов XXIII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов. – Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2017. – С. 69–74. – Текст электронный.
4. *Линник, А. И.* Сравнительный анализ программ моделирования протоколов телекоммуникации для автомобильного транспорта / А. И. Линник, Ю. В. Пономарчук // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2013. – Т. 1. – С. 255–264.
5. Сравнительный анализ эффективности ретрансляции потоковых данных в летающей сети / И. А. Кайсина [и др.] // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2019. – Т. 22, №. 1. – С. 108–115.

6. Павлов, А. А. Исследование влияния различных параметров на характеристики передачи данных беспроводных многошаговых сетей / А. А. Павлов, И. О. Датъев // Труды Кольского научного центра РАН. – 2016. – № 6-7 (40).

7. Модель распространения Окамура – Хата. – URL: [https://ru.qaz.wiki/wiki/Nata_model#:~:text](https://ru.qaz.wiki/wiki/Nata_model#:~:text=) (дата обращения: 31.03.2021).

8. NS-3 Propagation models. – URL: https://www.nsnam.org/doxygen/group__propagation.html (дата обращения: 01.04.2021).

9. Шипицин, С. П. Особенности моделирования городской среды в сетевом симуляторе NS-3 / С. П. Шипицин, М. В. Кавалеров // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. – 2018. – С. 265–269.

П. С. Коробейникова, бакалавр, korobeunikova99@mail.ru

Ю. В. Зубкова, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мехатронные системы»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Мобильный учебный робот

Данная работа посвящена разработке высокоманевренного мобильного робота, который предназначен для различных учебных целей, таких как изучение конструирования мобильных роботов, транспортировки с их помощью малогабаритных грузов, программирования движений и изучение системы управления роботом, а также его дальнейшая модернизация. Представлено описание робота-тележки и его комплектующих датчиков, а также рассматривается применение данного робота в разных отраслях промышленности.

Ключевые слова: учебный мобильный робот, высокая маневренность, система управления, транспортный робот, управление приводами, датчики обратной связи.

Введение

В настоящее время существуют различные аналоги роботов-тележек. Данных роботов активно используют в производстве и логистике для перемещения различных объектов, а также в военной [1] и космической [2] областях. Также существуют другие аналоги роботов для детей и подростков, например, на основе Arduino и Lego Mindstorms Education. В роботах Lego более закрытое программное обеспечение, а в разрабатываемом роботе программное обеспечение является открытым и доступным для изучения и перепрограммирования, что позволит изучать программирование движений такого робота более детально.

На рисунке 1 представлена конструкция мобильного робота-тележки. Робот состоит из рамы, на которой в дальнейшем будут располагаться микроконтроллер и датчики обратной связи. К платформе прикрепляются два двигателя и 3 колеса – два ведущих и одно шарнирное колесо для маневрирования.

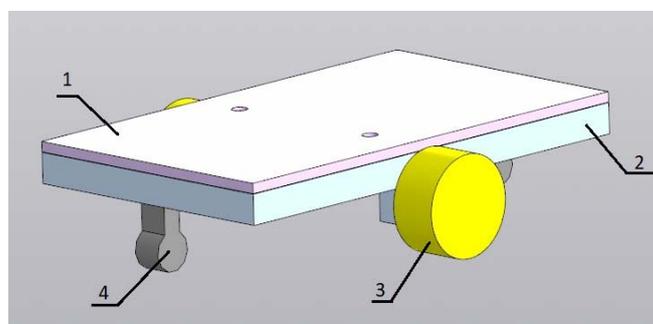


Рис. 1. Конструкция колесного мобильного робота:

1 – платформа; 2 – рама; 3 – ведущие колеса; 4 – шарнирное колесо

В систему управления роботом включены датчики обратной связи, такие как ультразвуковой датчик расстояния и датчик касания. Два ультразвуковых датчика *hc-rs04* установлены на раме и необходимы для определения расстояния до объектов и обнаружения препятствий на пути робота с целью дальнейшего изменения траектории движения во избежание столкновения. Датчики просты в настройке и имеют сравнительно низкую стоимость по сравнению со своими аналогами, например лидаром.

Также в робототехнической системе используется датчик касания. Его можно использовать как «Пуск» или «Стоп» в автоматическом режиме работы робота.

Управление тележкой происходит за счет изменения скорости вращения колес. При вращении ведущих колес с одинаковой скоростью робот будет двигаться прямо или в обратном направлении. Чтобы совершить маневр, нужно уменьшить скорость вращения одного из колес исходя из того, в какую сторону необходимо повернуть. При повороте шаровая опора поворачивается вслед за ведущими колесами в том же направлении.

Для управления скоростью колес используется формула

$$V = \pi dn,$$

где V – скорость, м/с; d – диаметр колеса, м; $\pi = 3,14$; n – скорость вращения вала мотора, об/мин.

На рисунке 2 представлена структурная схема системы управления роботом. Данные с компьютера через *COM*-порт поступают на модуль *Bluetooth HC-05* и через *UART* (последовательный интерфейс передачи данных) поступают на микроконтроллер, с микроконтроллера поступает программа управления на драйверы шаговых двигателей (ШД), далее драйверы формируют управляющие сигналы для регулирования скоростей двигателей.

Затем с помощью датчиков обратной связи данные передаются в микроконтроллер. В дальнейшем в устройстве сравнения вырабатывается сигнал расхождения, который является корректирующей величиной в программном управлении [3].

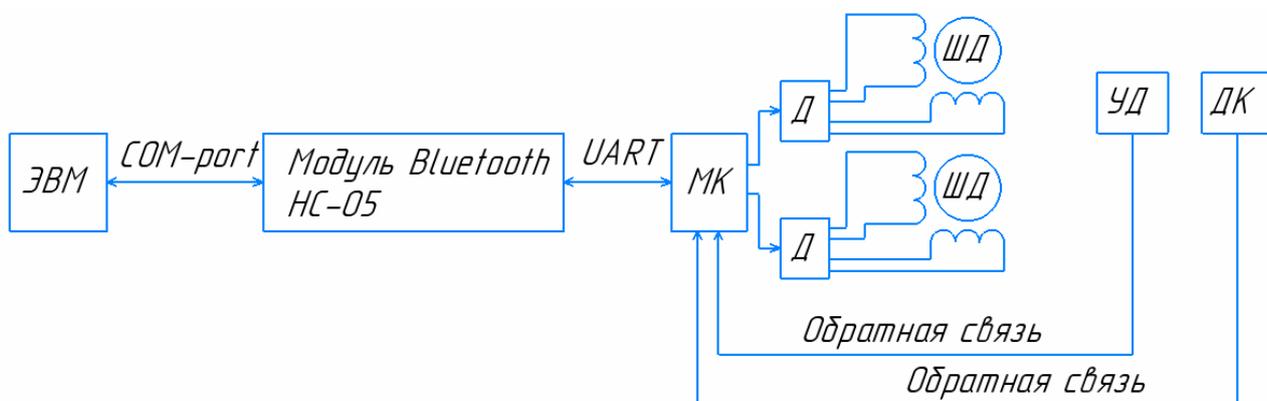


Рис. 2. Структурная схема системы управления роботом: ШД – шаговый двигатель; ЭВМ – устройство верхнего уровня для управления скоростью ШД; - МК – микроконтроллер; Д – драйвер шагового двигателя; УД – ультразвуковой датчик; ДК – датчик касания

В настоящее время поставлены и решены следующие задачи:

Проведен анализ современных подходов к разработке конструкции и системы управления мобильных колесных роботов [4].

Разработана оптимальную компоновку элементов мобильного робота.

Разработаны структурная и функциональная схемы системы управления мобильным роботом.

Разработана электрическая принципиальная схема системы управления мобильным роботом.

Разработан алгоритм управления движением мобильного робота на основе данных, получаемых от датчиков обратной связи (ультразвуковой дальномер, тактильный датчик).

Подготовлены методические указания для выполнения практических и лабораторных работ с использованием учебного мобильного робота.

Заключение

В данной работе представлена разработка мобильного колесного робота. Сфера применения данного робота подразумевает его использование в школах и других учебных заведениях. Более открытое программное обеспечение позволит углубиться в знания робототехники. Учащиеся и студенты получают полезный опыт в программировании роботов.

При дальнейшем изучении данной темы ученики смогут внести свои изменения в конструкцию и систему управления данного робота, например, добавить манипулятор или использовать другие аналоги ультразвуковых датчиков.

Использование подобных роботов-тележек поможет увеличить интерес учащихся к робототехнике и подтолкнуть их к дальнейшему изучению области программирования и конструирования.

Список использованных источников

1. Семенов, Д. К. Дистанционно управляемый мобильный робот, видеокамера мобильного робота, звукоприемная система самонаведения мобильного робота, сферическая граната // Описание полезной модели к патенту. – Патентообладатель(и): Семенов Д. К. (RU).

2. Васильев, А. В. Мобильный робот-планетоход для выполнения транспортно-технологических работ / А. В. Васильев, И. Ю. Даляев, И. В. Шардыко // Описание полезной модели к патенту СПК В64G 1/16 (2006.01); В62D 33/02 (2006.01).

3. Турыгин, Ю. В. Разработка математической модели движения выходного звена робота на основе анализа погрешностей позиционирования / Ю. В. Турыгин, Ю. В. Зубкова, Т. Н. Сперанских // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 19–22.

4. Соснин, Н. А. Разработка роботизированной платформы на независимом гусеничном ходу / Н. А. Соснин, Ю. В. Зубкова // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – С. 231–235.

Н. А. Корчемкин, студент
Р. Р. Яппаров, студент, yapparov1996@mail.ru;
С. А. Трефилов, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Моделирование системы управления бесколлекторным двигателем постоянного тока и шаговым двигателем в пространстве состояний с использованием дискретного линейно-квадратичного регулятора*

Рассматривается алгоритм работы лабораторного стенда для исследования векторного управления шагового двигателя и бесколлекторного двигателя постоянного тока с использованием линейно-квадратичного регулятора.

Ключевые слова: шаговый двигатель, бесколлекторный двигатель постоянного тока, оптимальное управление, векторное управление, пространство состояний, дискретная модель.

Введение

В настоящее время существует необходимость быстрого, эффективного и точного определения характеристик различных типов электродвигателей, а именно определение момента и построения моментной характеристики.

В работе предлагается использование алгоритма векторного управления шаговым двигателем для определения момента различных типов двигателей.

Принцип работы представлен на структурной схеме (рис. 1).

Как видно из структурной схемы, на шаговый двигатель FL86ST904-5060A подаётся различный крутящий момент нагрузки с помощью бесколлекторного двигателя постоянного тока M-2310P-LN-04K, который соединён с ним муфтой. Микроконтроллер TMS320F28379D управляет шаговым двигателем и бесколлекторным двигателем постоянного тока, которые крутятся в разных направлениях и собирает данные в режиме реального времени. Крутящий момент, положение и скорость измеряются для того, чтобы определить реакцию шагового двигателя на различные нагрузки. Графический пользовательский интерфейс позволяет управлять испытательным стендом, устанавливать скорость и крутящий момент бесколлекторного двигателя постоянного тока. Данные о крутящем моменте, положении и скорости в реальном времени отображаются на графическом интерфейсе пользователя.

© Корчемкин Н. А., Яппаров Р. Р., Трефилов С. А., 2021

* Работа выполнена при поддержке гранта для молодых ученых ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» ЛПВ/20-55-26.

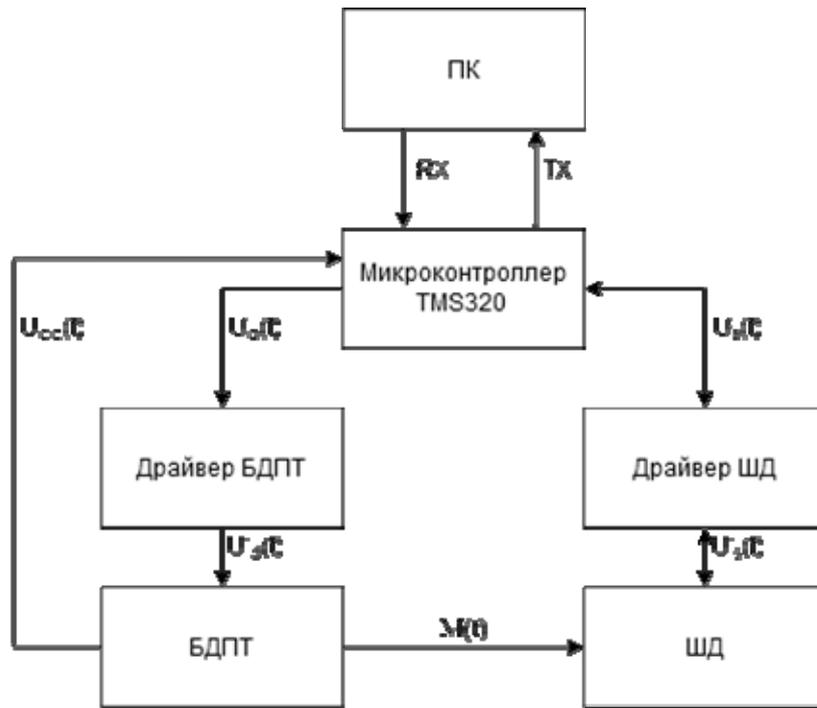


Рис. 1. Структурная схема стенда

Разработка математической модели

Модель включает в себя две основных составляющих – это бесколлекторный двигатель постоянного тока и шаговый двигатель.

Модели бесколлекторного двигателя постоянного тока и шагового двигателя в пространстве состояний представлены в виде

$$\frac{\mathbf{x}_{k+1} - \mathbf{x}_k}{T} = \mathbf{A}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k,$$

где \mathbf{x}_{k+1} – состояние в момент времени $(k+1)$; \mathbf{x}_k – состояние в момент времени k ; T – время дискретизации; \mathbf{A}_k – дискретная матрица состояния; \mathbf{B}_k – дискретная матрица управления; \mathbf{x}_k – дискретный вектор состояния; \mathbf{u}_k – дискретный вектор управления.

Дискретная модель бесколлекторного двигателя постоянного тока будет иметь вид

$$\begin{bmatrix} I_d(k+1) \\ I_q(k+1) \\ \omega(k+1) \\ \theta(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - T \frac{R}{L_d} & T p \omega(k) & 0 & 0 \\ -T p \omega(k) & 1 - T \frac{R}{L_q} & -T \frac{p \psi}{L_q} & 0 \\ 0 & T \frac{3 p \psi}{2 J} & 1 - T \frac{F}{J} - T \frac{M(k)}{J \omega(k)} & 0 \\ 0 & 0 & T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d(k) \\ I_q(k) \\ \omega(k) \\ \theta(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{T}{L_d} & 0 \\ 0 & \frac{T}{L_q} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_d \\ U_q \end{bmatrix},$$

где $I_d(k+1)$ – проекция в момент времени $(k+1)$ тока статора на ось d ; $I_q(k+1)$ – проекция в момент времени $(k+1)$ тока статора на ось q ; $\omega(k+1)$ – угловая скорость в момент времени $(k+1)$; $\theta(k+1)$ – угловое перемещение в момент времени $(k+1)$; R_s – сопротивление обмотки статора; L_q, L_d – индуктивности статора по осям q и d ; p – число пар полюсов; ψ – магнитный поток, наводимый постоянными магнитами в обмотке статора; F – коэффициент вязкого трения в опорах двигателя; J – приведенный момент инерции; $M(k)$ – электромагнитный момент двигателя; $I_d(k)$ – проекция в момент времени k тока статора на ось d ; $I_q(k)$ – проекция в момент времени k тока статора на ось q ; $\omega(k)$ – угловая скорость в момент времени k ; $\theta(k)$ – угловое перемещение в момент времени k ; U_q, U_d – проекции напряжения статора на оси q и d [1].

По данной модели была составлена программа на языке MATLAB.

Дискретная модель шагового двигателя будет иметь вид [2]

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} i_d(k+1) \\ i_q(k+1) \\ \omega(k+1) \\ \theta(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - T \frac{R}{L} & Tp\omega(k) & 0 & 0 \\ -Tp\omega & 1 - T \frac{R}{L} & -T \frac{K_m}{L} & 0 \\ 0 & T \frac{K_m}{J} & 1 - T \frac{F}{J} - T \frac{M_L(k)}{J\omega(k)} & -T \frac{M_{dm} \sin(2p\theta(k))}{J\theta(k)} \\ 0 & 0 & T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d(k) \\ i_q(k) \\ \omega(k) \\ \theta(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{T}{L} & 0 \\ 0 & \frac{T}{L} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_d(k) \\ u_q(k) \end{bmatrix},$$

где M_{dm} – тормозящий момент; R – сопротивление обмотки статора; L – индуктивность обмотки статора.

Классический квадратичный функционал качества, определяющий энергию управления и перемещения, выражается следующим образом

$$I = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} (\mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{G} \mathbf{u}) dt, \quad \mathbf{Q} \geq 0, \quad \mathbf{G} > 0,$$

где \mathbf{Q} и \mathbf{G} – положительные произвольно определенные матрицы, которые выбраны подбором или имитационным моделированием.

По данной модели была составлена программа на языке MATLAB.

Результаты моделирования с использованием дискретного линейно-квадратичного регулятора представлены на рисунках 1, 2.

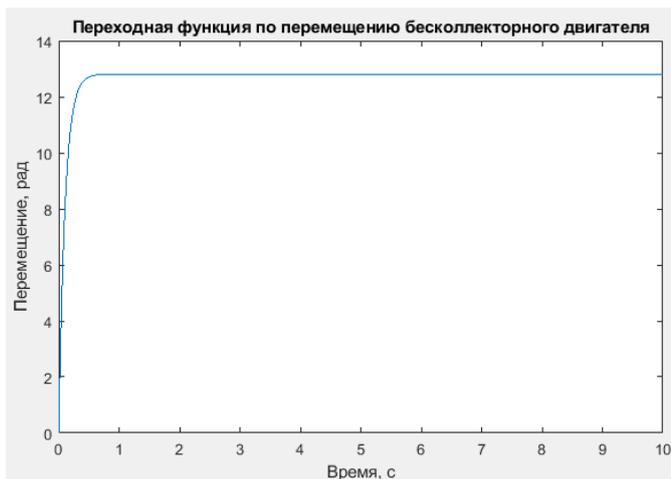


Рис. 1. График переходной функции по перемещению БДПТ

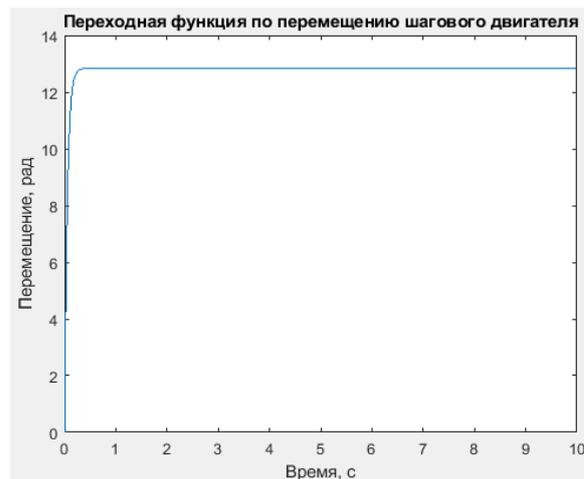


Рис. 2. График переходной функции по перемещению ШД

Заключение

Разработана модель системы управления бесколлекторным двигателем постоянного тока и шаговым двигателем с помощью пространства состояний с использованием линейно-квадратичного регулятора. В результате моделирования в системе MATLAB было установлено, что система управления поворачивает вал двигателей на одинаковый угол. Данная модель позволяет реализовать стенд для параметрической идентификации.

Список использованных источников

1. Трефилов, С. А. Модель бесколлекторного двигателя постоянного тока в пространстве состояний при векторном управлении / С. А. Трефилов, Ю. Р. Никитин, П. В. Лекомцев // Автоматизация и измерения в машино- и приборостроении. – 2020. – № 3 (11). – С. 28–38.
2. Лекомцев, П. В. Моделирование гибридного шагового двигателя в пространстве состояний при переменном моменте сопротивления нагрузки / П. В. Лекомцев, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов // Интеллектуальные системы в производстве. – 2020. – Т. 18, № 3. – С. 58–63.

В. М. Ксаткин, магистрант, vladosick.mk@gmail.com

И. А. Кайсина, аспирант

А. Е. Кайсин, кандидат технических наук, доцент

А. В. Абилов, кандидат технических наук, доцент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

В. С. Кузнецов, заместитель директора по инновациям ООО «ФИНКО»

М. В. Шинкевич, директор ООО «ФИНКО», Ижевск

Концепция перспективной системы проводного питания БПЛА на основе анализа существующих систем

Рассматриваются различные технологии по передаче питания на борт беспилотного летательного аппарата (БПЛА) посредством кабеля. Предложена концепция, включающая в разработку собственного блока преобразователей для высокоэффективной передачи энергии по кабель-тросу в связке с активной системой намотки троса и конструкцией кабеля.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, проводное питание, преобразователь электрической энергии, печатная плата, силовая система.

Введение

В настоящее время спрос на беспилотные летательные аппараты велик и охватывает многие отрасли – от больших нефтегазовых предприятий до обычных потребителей, в особенности на мультикоптеры; увеличивающаяся потребность заставляет активно поддерживать данную отрасль, внедряя новые технологии. Задачи, выполняемые БПЛА, разнообразны, и одним из видов таких задач является полет с удержанием статического положения относительно объекта. При этом мультикоптер поднимается на заданную высоту и может выступать в роли наблюдательной станции, имея на борту полезную нагрузку в виде камеры, лидара или тепловизора; еще одним предназначением может быть быстрое развертывание связи с антенной на борту БПЛА, что позволит увеличить радиус приема-передачи сигнала. При этом такая система из наземного блока и привязанного к нему летящего мультикоптера может следовать за передвижной станцией.

Зарубежные системы проводного питания

Обзор зарубежных разработок систем проводного питания можно начать с достаточно простого решения данной задачи студентами на мероприятии MAGIC 2010. Построенная ими система (рис. 1) была интегрирована с наземным передвижным роботом для обеспечения воздушного картографирования с помощью маленького коптера.

Построение данной системы питания основано на простой передаче энергии напрямую в PID-регулятор без каких-либо преобразований. Данное решение не может быть применимо к другим коптерам с большей мощностью, а также несет существенные потери в передаче энергии.



Рис. 1. Коптер для привязной системы

Статья [1] рассчитана больше на проблему позиционирования БПЛА относительно платформы. Данная тема подробно описана в статье [2] о позиционировании привязного БПЛА относительно платформы с пассивной системой намотки кабеля (Position Tracking Control for an Aerial Robot Passively Tethered to an Independently Moving Platform). В данной статье приведено математическое описание модели позиционирования БПЛА с привязной системой, основанной на пассивном поддержании натяжения кабеля с помощью пружинного механизма (рис. 2).

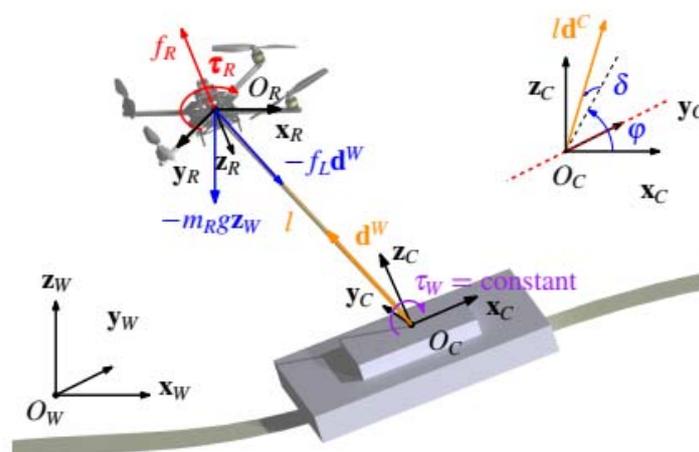


Рис. 2. Модель позиционирования БПЛА

Иным подходом к разработке привязной системы выступили разработчики Future Aerial Communication Networks, предложив в своей [3] использовать в качестве БПЛА систему из гибрида воздушного шара и планера (рис. 3). Такой подход сводит к минимуму требования по кабелю питания, так как имеет неограниченную подъемную массу относительно коптерных БПЛА.

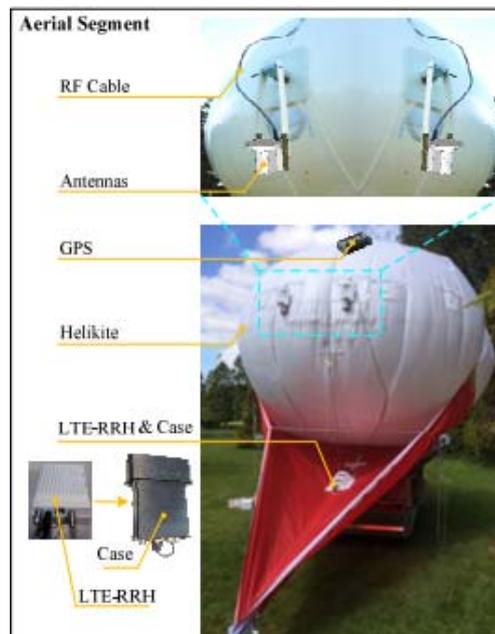


Рис. 3. Воздушный шар в качестве БПЛА для привязной системы

Данное решение планируется использовать для развертывания сети связи и покрытия большего диапазона. Однако скорость такого развертывания и удобство использования остается под вопросом.

Одно из наиболее удачных решений предлагают японские разработчики для дистанционного управления строительными машинами. Суть данной привязной системы в работе в паре с машиной и контроль ее действия сверху (рис. 4).



(a) Outside view



(b) Onboard view

Рис. 4. Система удаленного управления строительной техникой

По представленным в [4] снимкам можно сделать вывод, что система рассчитана на малую мощность порядка 1 кВт, однако представленный набор имеет полноценную систему посадочной платформы с позиционированием, силовую установку и (что особенно интересно) – активную систему намотки кабеля (рис. 5).

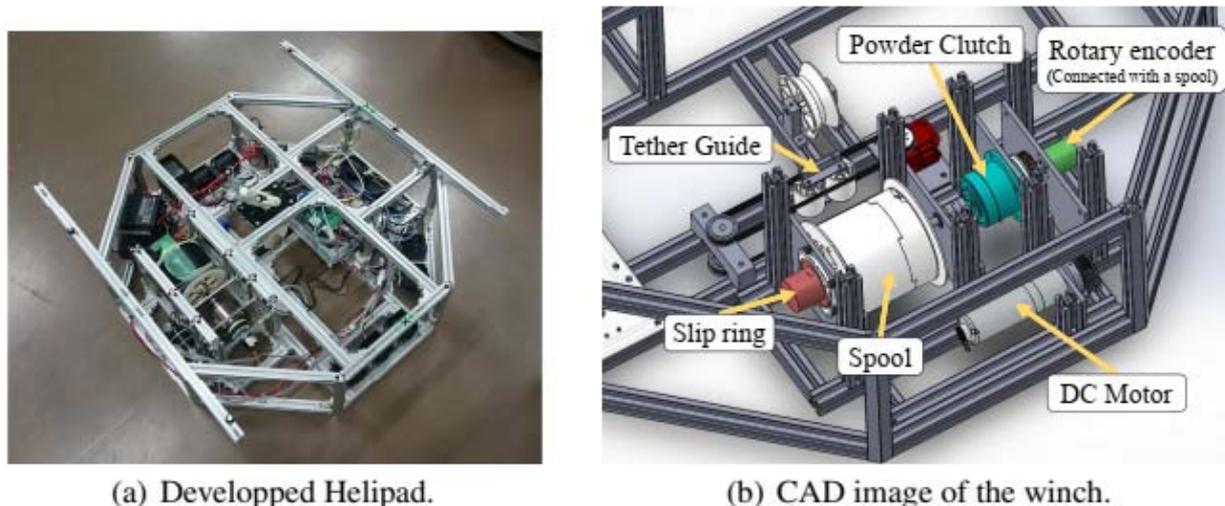


Рис. 5. Платформа и модель системы намотки кабеля

Исходя из статьи можно сказать о достаточно конкурентной реализации привязной системы и подчеркнуть некоторые идеи из нее, но сама система маловероятно может использоваться для высоких полетов с бортовой полезной нагрузкой.

Лидером в производстве привязных систем является французская компания ELISTAIR, производящая несколько видов привязных систем для малых (1,2 кВт) и больших (2,5 кВт) мощностей. Продукция данной компании включает в себя различные наборы бортовых модулей под различные типы БПЛА, а также наземные станции с интегрированной системой намотки в защитном контейнере со стандартом IP54 (рис. 6).

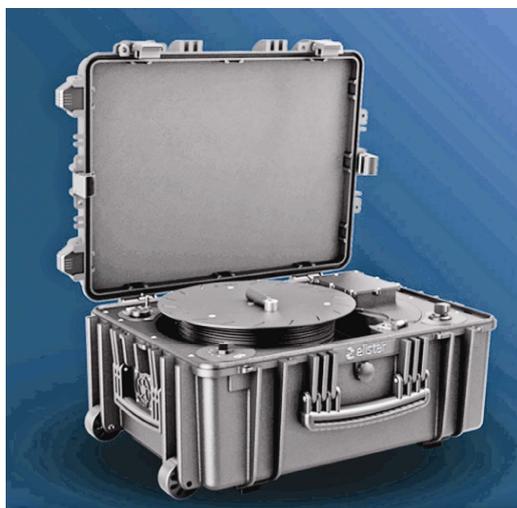


Рис. 6. Система Ligh-T4

К недостаткам данной системы можно отнести ее высокую стоимость и невозможность интегрирования в посадочную платформу.

Отечественные системы проводного питания

В отечественном сегменте представлена система ММС Т1 от Russian Drone (рис. 7). В описании к данной системе указана неограниченная мощность силовой установки и непрерывная работа, однако не указаны конкретные параметры с отсылкой на возможность индивидуальной настройки. Но как данная система обеспечивает неограниченную мощность – эта информация остается закрытой.



Рис. 7. Система ММС Т1

Система состоит из отдельных модулей наземного блока – силовой установки и катушки с кабелем. При этом катушка не обладает никакой системой намотки и не в состоянии поддерживать натяжение кабеля, что при большой длине размотанного кабеля и его весе будет негативно сказываться на полете БПЛА. Если учитывать заявление производителя о высоте полета до 200 м и неограниченной мощности, то можно предположить с учетом простоты катушки, что по кабелю передается вверх постоянное напряжение. В свернутом состоянии катушка представляет собой большое индуктивное сопротивление, что препятствует передаче переменного напряжения – передача постоянного напряжения накладывает ограничения по мощности.

Теоретическими исследованиями в данной области занимались другие отечественные разработчики. В статье В. М. Вишневого о принципах построения силовых передающих систем для проводных беспилотных платформ [5] приведен теоретический расчет кабеля питания для систем, построенных на основе передачи постоянного и переменного напряжений. Структура самого кабеля одинакова и должна иметь в своем составе линию связи; чаще всего это оптоволокно и трос параарамидный для жесткости на растяжение, также два проводника силовой линии, занимающие максимальную площадь сечения кабеля (рис. 8).

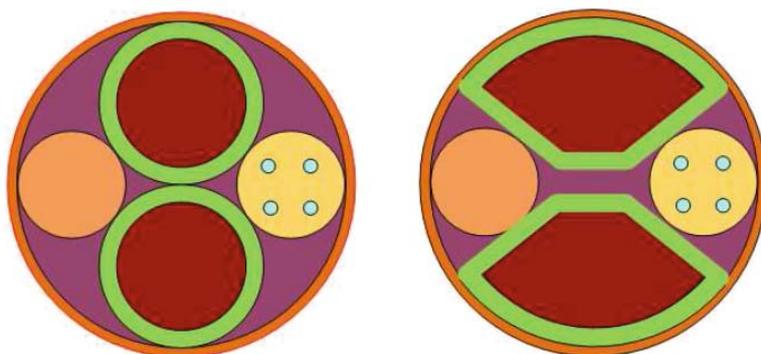


Рис. 8. Сечение кабеля со стандартным заполнением силовых проводников (слева) и с полным (справа)

Кабель питания должен удовлетворять требованиям по весу на погонный метр, наличию линии связи и минимальным потерям для силовых линий.

По расчетам авторов в статье приведена сравнительная таблица по параметрам кабеля при работе с переменным и постоянным напряжением.

Параметры кабеля для передачи постоянного и переменного напряжения

P, kW	Direct current			Alternate current			
	D, mm	W, g/m	P, W/m	D, mm	W, g/m	P, W/m	U, V
400 V							
5	6,333	72,4	6,1	5,7	55,8	2,5	869
8	6,9	91	9,8	6	61,5	3,2	1075
11	7,36	108,3	13,4	6,1	70	3,8	1239
14	7,76	124,7	17,0	6,2	70	4,4	1376
17	8,132	141,1	20,8	6,4	73	4,9	1501
20	8,472	157,3	24,6	6,5	76	5,3	1620
800 V							
5	5,72	55,2	3,1	5,7	55,8	2,5	869
8	6,12	66,0	4,9	6	6	3,2	1075
11	6,44	75,7	6,8	6,1	66	3,8	1239
14	6,72	84,8	8,5	6,2	70	4,4	1379
17	6,98	93,9	10,4	6,4	73	4,9	1501
20	7,2	102,8	12,3	6,5	76	5,3	1620
1200 V							
5	5,44	48,4	2,0	5,7	55,8	2,5	869
8	5,76	56,2	3,3	6	61,5	3,2	1075
11	6,028	63,4	4,5	6,1	66	3,8	1239
14	6,264	70,3	5,7	6,2	70	4,4	1379
17	6,472	76,7	6,9	6,4	73	4,9	1501
20	6,664	82,9	8,2	6,5	76	5,3	1620
1500 V							
5	5,304	45,3	1,6	5,7	55,8	2,5	869
8	5,596	52,1	2,6	6,	61,5	3,2	1075
11	5,84	58,3	3,6	6,1	66	3,8	1239
14	6,044	63,8	4,6	6,2	70	4,4	1379
17	6,232	69,3	5,6	6,4	73	4,9	1501
20	6,404	74,5	6,5	6,5	76	5,3	1620

Для оптимальной работы с наименьшими потерями следует выбирать максимальное напряжение, но имеет смысл ограничиться пределом 1200 В, обусловленным элементной базой транзисторов MOSFET, используемых в преобразователях на частотах порядка 100 кГц. В ином случае придется использовать транзисторы IGBT, работа которых сложна в высокочастотной области.

Таким образом, из таблицы следует вывод о преимуществе построения системы с передачей постоянного напряжения мощностью до 10 кВт по сравнению с переменным в соотношении требуемого сечения (погонной массы).

Концепция перспективной проводной системы питания для БПЛА

Из вышеизложенного следует, что к основным достоинствам представленных систем относится их уникальность построения, нацеленная на выполнение узконаправленных задач; недостатками для одних систем можно назвать их простоту и непроработанность топологий построения преобразователей, что вызывает сомнения в их надежности, для других – отсутствие возможностей модернизации преобразователей на большую мощность.

Таким образом, можно предложить концепцию перспективной системы питания, приведенную на рисунках 9 и 10.

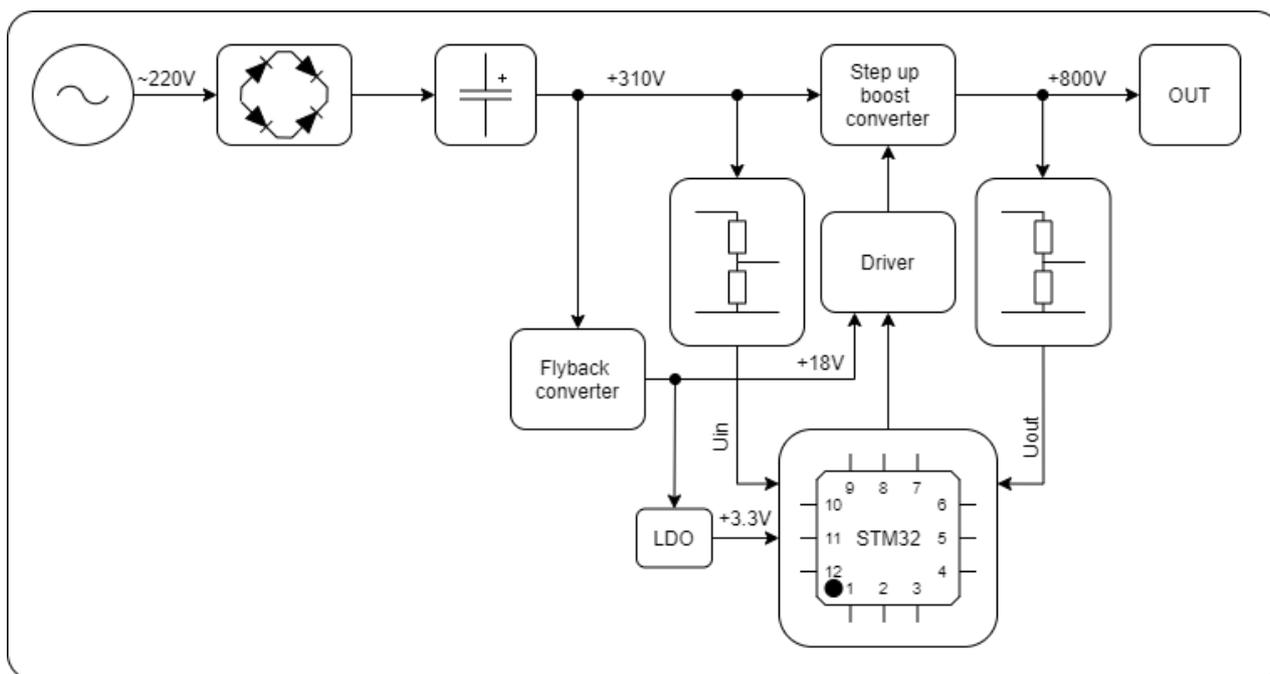


Рис. 9. Структурная схема наземного блока

Наиболее оптимальным решением является выбор на входе трехфазного напряжения ~ 380 В, выпрямление которого имеет меньшие пульсации, чем у однофазного. Однако работа устройства должна иметь возможность питаться от однофазного ~ 220 В. Хорошим вариантом будет использование ККМ (корректор коэффициента мощности) для равномерного использования мощности во времена высокой нагрузки системы. Выпрямленное напряжение следует повысить преобразователем step-up до $0,8 \dots 1,0$ кВ для передачи по кабелю. Данное напряжение выбрано исходя из вышеизложенной статьи об исследовании проводной передачи энергии. Тип постоянного напряжения выбран исходя из

соображения о высокой индуктивности свернутого кабеля, что, как известно, негативно сказывается на переменном напряжении. После передачи высоковольтного напряжения на борт БПЛА требуется это напряжение понизить. Однако понижение напряжения в 40 раз с 1 кВ до 25 В бортовой сети БПЛА невозможно на основе преобразователя step-down. Самым лучшим выходом будет понижение на трансформаторе, что даст гальваническую развязку. Но понижение на трансформаторе должно включать в себя преобразование на переменное с помощью полного H-моста и последующее выпрямление. Как итог мы имеем гальванически развязанное напряжение, величина которого зависит от количества витков вторичной обмотки, что позволит легко получать и 50 В выхода для более мощной бортовой системы.

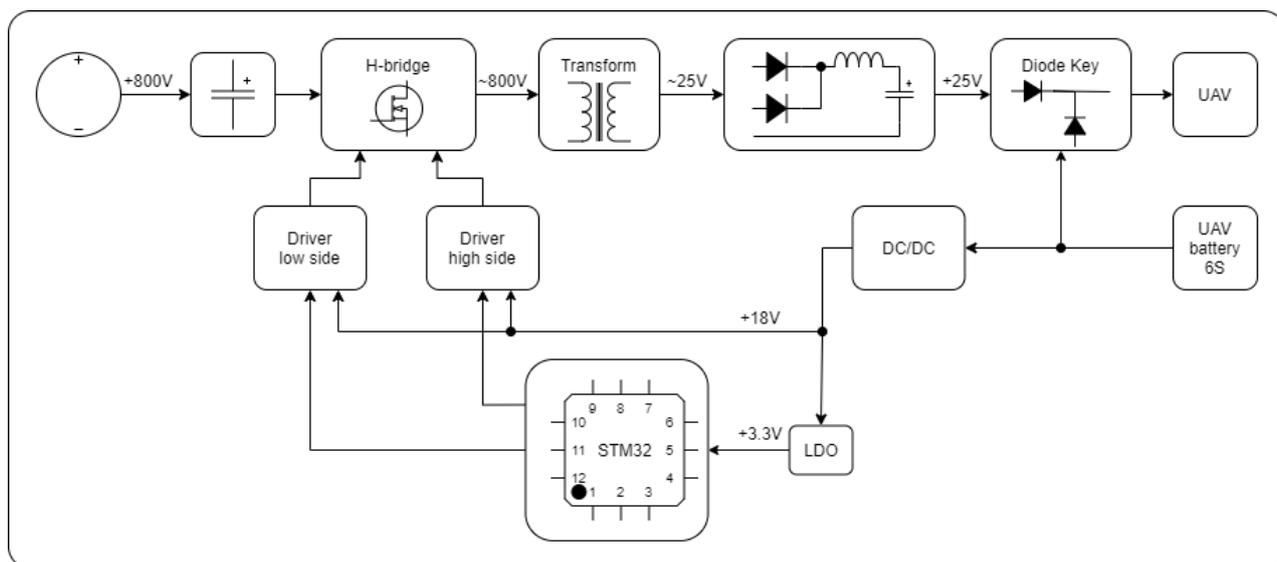


Рис. 10. Структурная схема бортового блока

Заключение

Был проведен обзор различных систем. Сделан вывод, что необходимо разработать новую систему, которая бы удовлетворяла текущим запросам производства, а именно:

- мощность системы 2,5 кВт из расчета потребляемой мощности двигателей БПЛА и полезной нагрузкой до 8 кг;
- канал связи Ethernet по ВОЛС для синхронизации работы частей силовой установки и передачи информации между бортом и землей;
- вес бортового блока менее 700 г с учетом корпуса изделия, системы крепления троса и системы охлаждения;
- автоматическая система намотки кабеля с поддержанием натяжения для обеспечения безопасности операторов;
- система безопасности и класс защиты IP58;
- вес кабеля не более 35г/м, в конструкцию которого включены силовые проводники, волоконно-оптическая линия связи и параарамидный трос;
- высота полета 100 м с учетом запаса на растяжения троса при отклонениях БПЛА;

- время непрерывной работы не менее 48 ч, что достигается за счет высокого КПД системы, правильного выбора комплектующих и систем охлаждения;
- система аварийной остановки, контроля перегрузки и короткого замыкания и обрыва кабеля.

Список использованных источников

1. *Morales-Perryman Q.* Tethering system for unmanned aerial vehicles. SUNFEST, 2018, 58 p.
2. *Tognon M., Franchi A.* Position tracking control for an aerial robot passively tethered to an independently moving platform. IFAC-Papers OnLine, 2017, vol. 50, no. 1, pp. 1069-1074.
3. *Chandrasekharan S.* Designing and implementing future aerial communication networks. IEEE Communications Magazine, 2016, vol. 54, no. 5, pp. 26-34.
4. *Kiribayashi S., Yakushigawa K., Nagatani K.* Design and development of tether-powered multirotor micro unmanned aerial vehicle system for remote-controlled construction machine. Field and Service Robotics. Springer, Cham, 2018, pp. 637-648.
5. *Vishnevsky V.M.* Principles of Building a Power Transmission System for Tethered Unmanned Telecommunication Platforms. International Conference on Distributed Computer and Communication Networks. Springer, Cham, 2019, pp. 94-110.

А. А. Морозов, магистрант, morozov.alexey0508@yandex.ru

Е. В. Соболева, магистрант, soboleva.kat1997@hotmail.com

Т. И. Земсков, аспирант, tim.zemskov@mail.ru

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Установка для исследования АЧХ пьезопреобразователей

Целью данной работы является разработка установки для определения частотных параметров ультразвуковых пьезопреобразователей. Представлены современные измерители амплитудно-частотной характеристики. Описана установка для определения частотных параметров, представлены результаты. Разработана программа для обработки полученных данных. Установка построена на доступных компонентах, возможна ее простая модернизация.

Ключевые слова: ультразвук, пьезоэлектрический преобразователь, пьезопластика, амплитудно-частотная характеристика, резонансный метод.

Введение

При выборе ультразвукового преобразователя (ПЭП) часто требуются данные амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) датчика [1]. Электрические и электроакустические АЧХ любого ПЭП несут в себе важную информацию о его основных параметрах: резонансной частоте, добротности (степени демпфирования), наличии конструктивных резонансов, характере и величине нагрузки, которую ПЭП создает для генератора [2, 3].

На данный момент на рынке присутствуют достаточно большое количество моделей для измерения АЧХ – от недорогих, реализующих только базовый функционал, до сложных измерительных комплексов.

В качестве примеров можно привести следующие модели измерителей АЧХ:

1. NWT-7:

- частотный диапазон – от 25 кГц до 90 МГц;
- динамический диапазон – 90 дБ;
- неравномерность измерения в диапазоне от 0 до –50 дБ – не более 1,0 дБ;
- неравномерность измерения в диапазоне от 0 до –80 дБ – не более 4 дБ;
- цена 8400 руб.

2. nanoVNA:

- диапазон частот – 50 кГц – 900 МГц
- уровень на ВЧ-выходе – 13 дБ·м (максимум –9 дБ·м)
- динамический диапазон:

0 дБ в диапазоне 50 кГц – 300 МГц

50 дБ в диапазоне 300 МГц – 600 МГц

40 дБ в диапазоне 600 МГц – 900 МГц

- цена 12000 руб.

3. АКПП-4601:

- рабочий диапазон частот – до 140 МГц;
- встроенный детектор
- измерение амплитудно-частотных, фазочастотных и S-параметров (S11/ S12), частотный дискриминатор
- выбор режима развертки
- цена 204 000 руб.

Анализируя характеристики данных моделей, можно сказать, что все перечисленные приборы не обеспечивают оптимального сочетания параметров измерения АЧХ акустических датчиков. К их недостаткам можно отнести: недостаточный частотный диапазон в низкочастотной области (примерно 50...100 кГц), что обусловлено применением данных приборов для анализа электрических радиочастотных цепей; ограниченные возможности настройки электрического тракта; достаточно высокую стоимость.

Новая измерительная установка

Для обеспечения всех требований к измерителю АЧХ была разработана измерительная установка, содержащая аппаратную и программную части. Блок-схема установки представлена на рисунке 1.

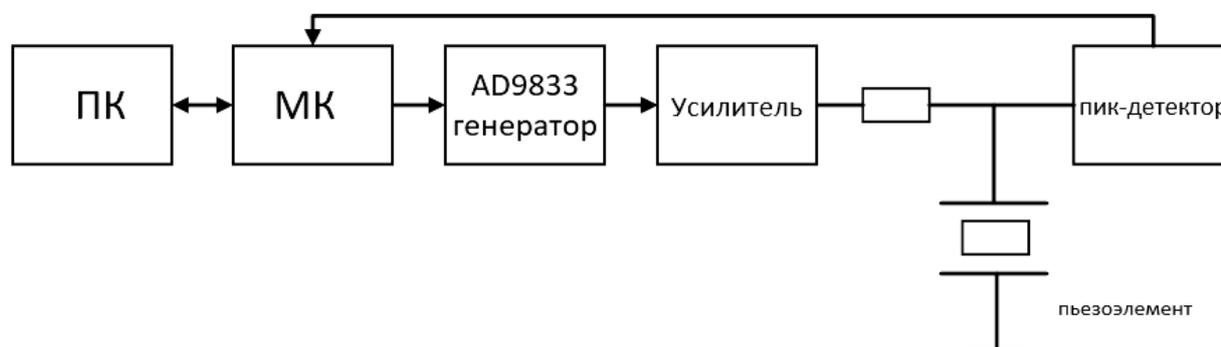


Рис. 1. Блок-схема установки

Программная часть установки содержит 2 основных компонента – виртуальный прибор, реализованный в среде графического программирования Lab-View и программу для управления микроконтроллером. Структура и взаимодействие программных блоков приведены на блок-схеме (рис. 2).

Основу аппаратной части установки составляют:

микроконтроллер (МК) ATMEGA328 (платформа Arduino). Основные характеристики:

- тактовая частота – 16 МГц
- объем Flash-памяти – 32 кБ
- объем SRAM-памяти – 2кБ
- количество каналов аналого-цифрового преобразователя (АЦП) – 6

- разрядность АЦП – 10 бит;

микросхема DDS-генератора AD9833. Основные характеристики:

- диапазон выходных частот – от 0 до 12,5 МГц
- разрешение по частоте – 0,1 Гц
- коммуникационный интерфейс – шина SPI;

сдвоенный операционный усилитель AD8056, один из каналов которого служит для усиления сигнала генератора, а второй выполняет функцию детектирования амплитуды. Основные характеристики:

- ширина полосы частот – 300 МГц
- скорость нарастания – 1400 В/мкс
- уровень шума – 6 нВ/Гц^{1/2}
- выходной ток – 60 мА.

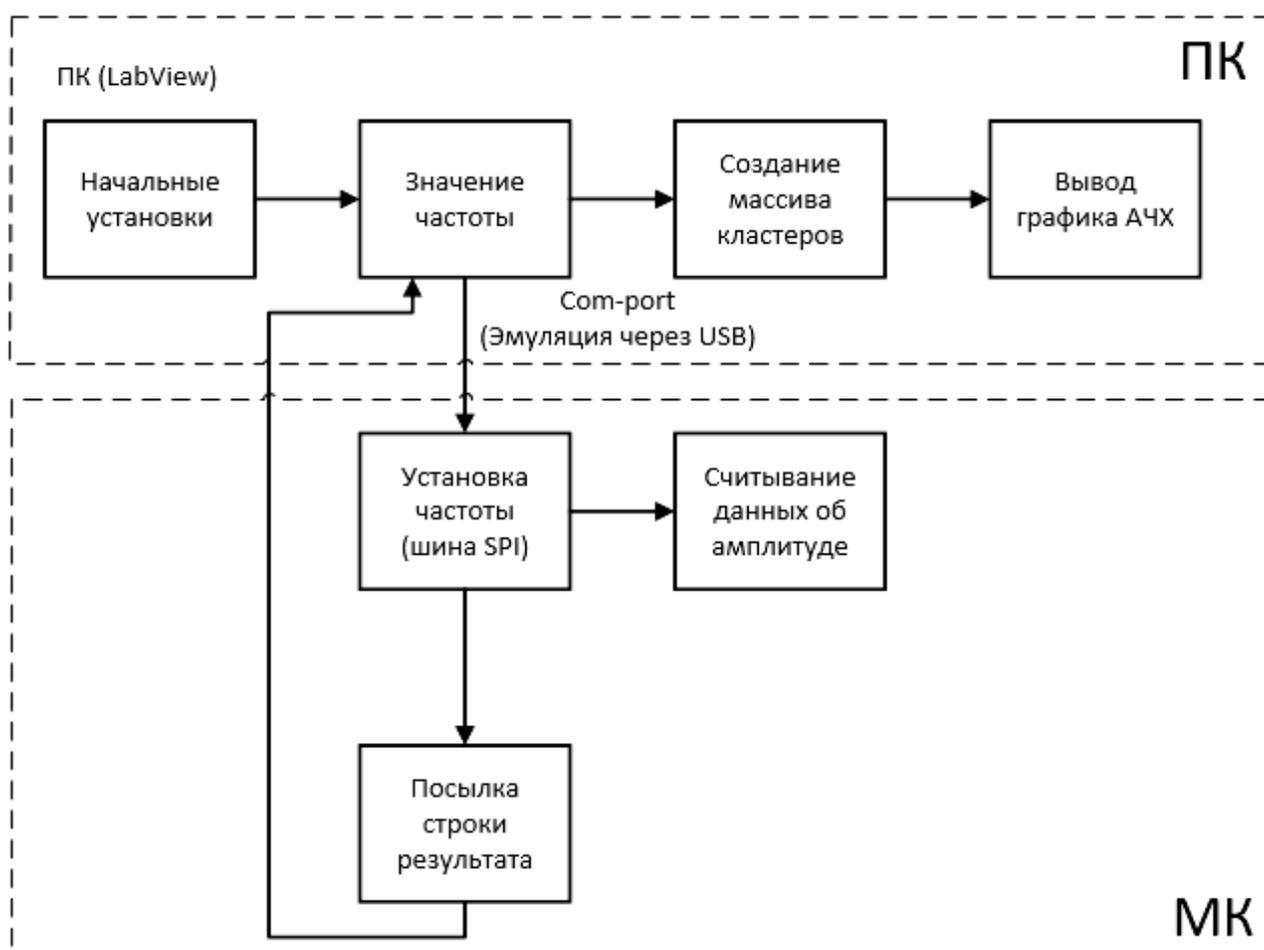


Рис. 2. Программная часть установки

Результаты измерений, выполненные разработанной установкой, показаны на графиках (рис. 3–5).

АЧХ стандартного ультразвукового преобразователя (рис. 3) представляет собой типовую резонансную кривую, характерную для большинства акустически не нагруженных ПЭП. Четко фиксируются частоты резонанса и антирезонанса, отсутствие выбросов на других частотах свидетельствует о хорошем качестве демпфирования преобразователя.

АЧХ пьезопластины демонстрирует поведение недемпфированной пьезо-керамики в частотной области (рис. 4). Наблюдаются резонанс и антирезонанс, причем их разброс по амплитуде свидетельствует о высокой добротности колебательной системы. Кроме того, присутствует серия низкочастотных побочных резонансов, соответствующих длине и ширине пластины.

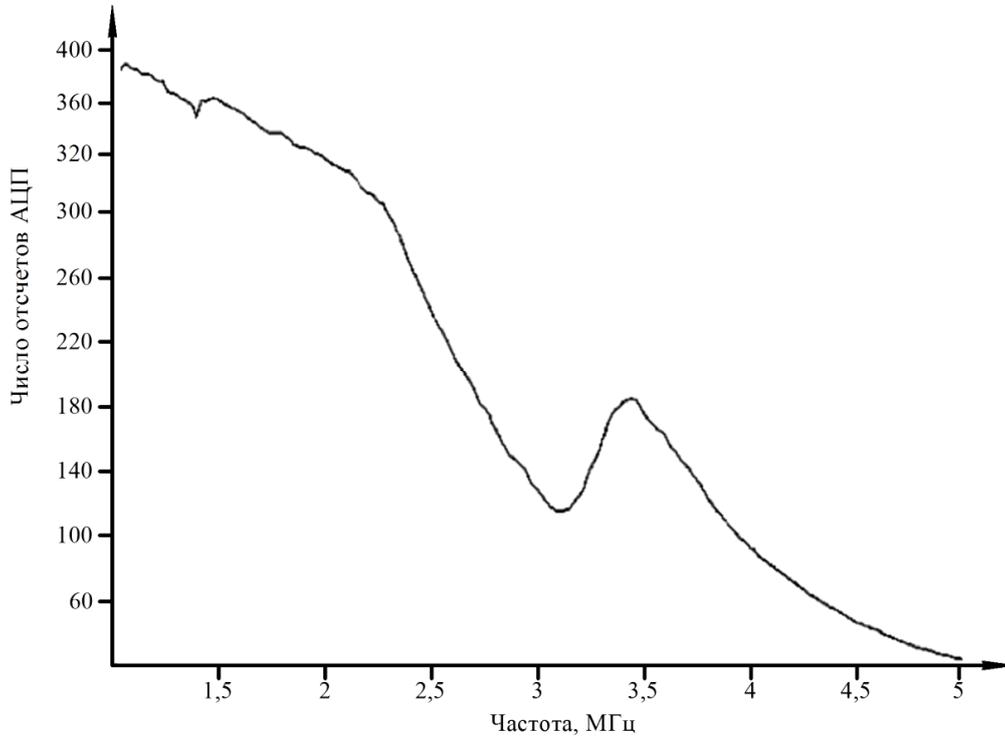


Рис. 3. АЧХ стандартного пьезопреобразователя

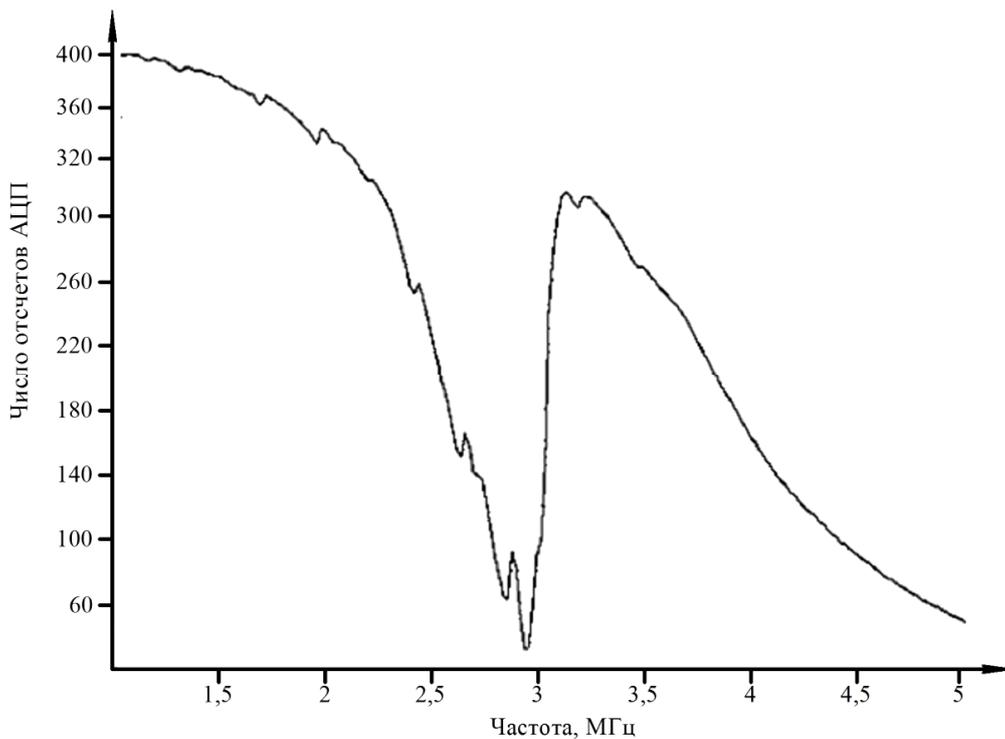


Рис. 4. АЧХ недемпфированной пьезопластины

На графике (рис. 5) АЧХ получена с помощью двух преобразователей, один из которых работал в режиме излучения переменной частоты, другой – в режиме приема. Между преобразователями был расположен стальной образец толщиной 30 мм. При этом разность частот резонансных пиков (100 кГц) соответствует этому параметру.

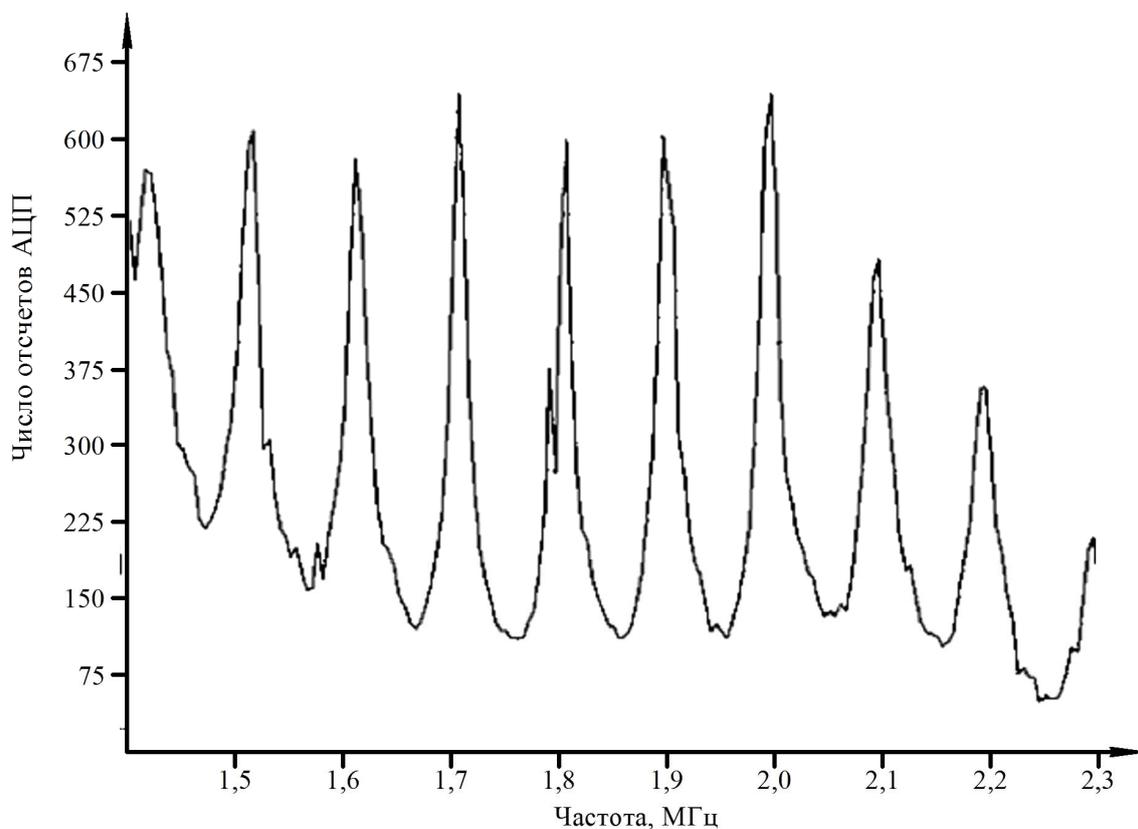


Рис. 5. Акустическая АЧХ стального образца толщиной 30 мм

Заключение

Разработанная установка может использоваться в следующих областях:

- оценка характеристик разработанных акустических преобразователей различных типов волн
- точные измерения скорости ультразвуковых волн в различных средах резонансным методом
- оценка возможности проведения дефектоскопии изделий сложной конфигурации по особенностям акустической амплитудно-частотной характеристики.

Список использованных источников

1. Бехер, С. А. Временные характеристики потока сигналов акустической эмиссии при развитии трещин в стекле при ударном нагружении / С. А. Бехер, А. А. Попков // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 62–71. DOI 10.22213/2413-1172-2019-1-62-71.

2. Пространственно-временные характеристики ультразвуковых широкополосных преобразователей / Качанов В. К., Соколов И. В., Конов М. М. [и др.] // Дефектоскопия. – 2010. – № 10. – С. 11–25.

3. Исследование амплитудно-частотных и электрических характеристик пьезопластины, нагруженной на различные среды / Д. В. Злобин, О. П. Богдан, А. А. Климова, В. В. Волков // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием (Ижевск, 20–21 апреля 2016 г.) / Отв. за выпуск А. П. Тюрин, В. В. Сяктерева. – Ижевск : ИННОВА, 2016. – С. 344–350.

Н. М. Мохова, бакалавр, natasham1006@ya.ru

Ю. О. Мокина, бакалавр

О. Л. Симченко, кандидат экономических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнительный анализ наиболее эффективных теплоизоляционных материалов стен жилых зданий, применяемых в строительстве

Рассмотрены два инновационных и два традиционных теплоизоляционных материала, проанализированы их свойства и выбран наиболее эффективный материал. В таблице сравнения технических характеристик теплоизоляционных материалов рассмотрены такие свойства утеплителей, как коэффициент теплопроводности, паропроницаемость, водопоглощение, срок службы и группа горючести. После таблицы представлен интегральный график зависимости коэффициента теплопроводности наиболее эффективного теплоизоляционного материала от температуры окружающей среды.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, аэрогель, коэффициент теплопроводности, паропроницаемость, водопоглощение, срок службы, группа горючести.

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения потребности в новых эффективных материалах, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, поэтому многие строительные компании внедряют инновационные теплоизоляционные материалы в свои проекты, однако некоторые предпочитают традиционные используемые утеплители.

Теплоизоляция является одним из эффективнейших инструментов снижения теплопотерь в жилых строениях и сокращения финансовых потерь на отопление дома. Считается, что большая часть теплопотерь приходится на стены, поэтому сравнительный анализ технических характеристик инновационных и традиционных теплоизоляционных материалов актуален.

Целью сравнительного анализа является определение наиболее эффективного теплоизоляционного материала.

Задачами данного исследования являются:

1. Классификация теплоизоляционных материалов по основным признакам.
2. Выявление достоинств и недостатков двух традиционных и двух инновационных материалов.
3. Сравнение технических характеристик утеплителей.
4. Определение наиболее эффективного теплоизоляционного материала.

5. Создание интегрального графика зависимости коэффициента теплопроводности от температуры наиболее эффективного теплоизоляционного материала.

Классификация теплоизоляционных материалов

Учитывая большое разнообразие теплоизоляционных материалов как одного из элементов конструкции, которые уменьшают процесс теплопередачи и выполняют роль основного термического сопротивления в конструкции, следует задаться вопросом об их классификации. В соответствии с ГОСТ 16381 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования» теплоизоляцию следует классифицировать по следующим основным признакам: виду основного исходного сырья, структуре, форме, возгораемости, которые представлены в виде схемы на рисунке 1 [1].



Рис. 1. Классификация теплоизоляционных материалов

Виды теплоизоляционных материалов

На сегодняшний день на рынке существует довольно много теплоизоляционных материалов. У каждого вида изоляции имеются свои преимущества и недостатки, а также способ его производства. Для проведения качественного сравнительного анализа технических характеристик утеплителей сначала необходимо исследовать их основные свойства.

Минеральная вата относится к группе неорганических материалов с волокнистой структурой, рыхлой формой и является несгораемой [ГОСТ 9573–2012 «Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные»]. Главным достоинством данного утеплителя считается способность сохранять целостность при монтаже – вата не ломается и не крошится. Этот экологически безопасный теплоизоляционный материал надежно фиксируется в каркасе без крепежей и плотно прилегает к неровностям стены и каркасу, что облегчает его монтаж. Однако микроволокна, образующиеся при обработке ваты, могут вызвать раздражение, оседая на коже, поэтому мастерам требуются

специальные средства защиты открытых участков тела, органов зрения и дыхания. При длительном намокании утеплитель напитывается влагой и теряет теплоизоляционные качества, что можно также отнести к недостаткам этого теплоизоляционного материала [1, 2].

Пенополиуретан применяется во всем мире уже на протяжении более 60 лет и до сих пор сохраняет ведущие позиции среди полимерных материалов. Данный утеплитель имеет вид вспененного пластичного материала с однородной структурой в виде включений из пузырьков воздуха, соответственно, является достаточно легкой теплоизоляцией для стен. По горючести относится к нормальногорючим или сильногорючим органическим материалам. Под воздействием ультрафиолетовых лучей структура пенополиуретана разрушается, также его не стоит применять на участках, подверженных сильному нагреванию [1, 6, 7].

На сегодняшний день существует такой нанотехнологичный утеплитель как *наноструктурированный аэрогель* на основе диоксида кремния, который представляет собой самый легкий твердый материал, содержащий 99,8 % воздуха. Этот пористый элемент является отличным теплоизолятором. Относится к негорючим, экологичным материалам, имеет малый вес и хорошую гидрофобность. Аэрогель в сравнении с остальными теплоизоляционными материалами достаточно стабилен к деформациям, но имеет один главный недостаток – не выдерживает открытой кислородной среды [4, 5].

Еще одним часто применяемым нанотеплоизоляционным материалом является *керамический жидкий утеплитель*, представляющий собой смесь акрилового связующего и керамических микросфер (от 0,01 до 0,5 мм), которые содержат в себе разреженный воздух. За счет таких микросфер обеспечивается сохранение тепла и снижение теплотерь обрабатываемой поверхности. Силикон, каучук и другие дополнительные компоненты, вводимые в состав жидкого теплоизоляционного материала, улучшают эластичность и водостойкость смеси [3].

Слой покрытия *теплокраской* 1 мм может заменить 50 мм рулонной изоляции или кирпичную кладку в 1-1,5 кирпича. Такой материал устойчив к ультрафиолету и имеет отличное сцепление с металлической, каменной и пластиковой поверхностью без воздушных зазоров. Но данный утеплитель имеет низкую стойкость к механическим воздействиям, что является главным минусом при его выборе как теплоизоляционного материала для стен [3]. В таблице 1 приведено сравнение технических характеристик утеплителей, рассмотренных выше.

По данным таблицы было выявлено, что из всех представленных теплоизоляционных материалов аэрогель обладает наилучшими теплозащитными свойствами. Для лучшей наглядности превосходства инновационных материалов над традиционными на примере минеральной ваты и аэрогеля был построен интегральный график зависимости коэффициента теплопроводности от температуры (рис. 2) в программе Microsoft Excel.

Сравнение технических характеристик теплоизоляционных материалов

Свойства	Виды теплоизоляционных материалов			
	Минвата		Минвата	
Коэффициент теплопроводности	0,034 Вт/м · К	0,019...0,035 Вт/м · К	0,013...0,025 Вт/м · К	0,0012 Вт/м · К
Паропроницаемость	0,7 мг/(м · ч · Па)	0,05 мг/(м · ч · Па)	0	0,03 мг/(м · ч · Па)
Водопоглощение	до 1,5 %	1...5 %	< 1 %	2 %
Срок службы	15...50 лет	40 лет	свыше 100 лет	15...50 лет
Группа горючести	НГ	Г3, Г4	НГ	НГ

Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры

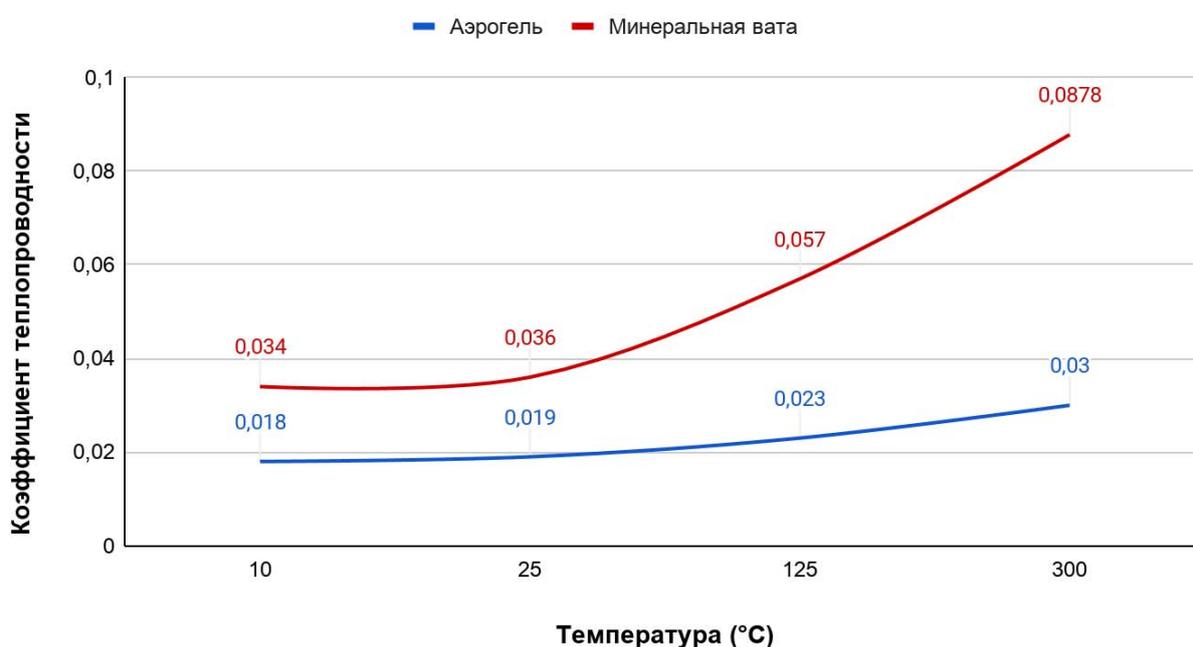


Рис. 2. Интегральный график зависимости коэффициента теплопроводности от температуры

Заключение

По результатам проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод, что самым эффективным теплоизоляционным материалом среди нами рассмотренных следует считать аэрогель. Этот инновационный утеплитель имеет лучшие показатели по всем характеристикам. Коэффициент его теплопроводности в нормальных условиях колеблется в пределах 0,013...0,025 Вт/м · К в зависимости от температуры окружающего материал пространства. За счет пористости (аэрогель содержит 99,8 % воздуха) он служит отличным теплоизолятором. Тот факт, что данный утеплитель является несгораемым материалом и имеет срок службы свыше 100 лет, делает аэрогель универсальным теплоизоляционным материалом.

Список использованных источников

1. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Инфра-М, 2018. – 266 с.
2. Минеральная вата: достоинства, недостатки, характеристики – URL: <https://tutknow.ru/building/uteplenie/6207-obzor-mineralnoy-vaty.html> (дата обращения: 27.03.2021).
3. Теплоизоляционная краска теплоизолирующие керамические составы. – URL: <https://www.tproekt.com/teploizolacionnaa-kraska-osobnosti-vybora/> (дата обращения: 27.03.2021).
4. Свойства утеплителей и их технические характеристики. Технический эффективный утеплитель. – URL: <http://www.aerogel-russia.ru/poleznoe/svoystva-utepliteley.html> (дата обращения: 27.03.2021).
5. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор). – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1422 (дата обращения: 27.03.2021).
6. Основные характеристики пенополиуретан. – URL: <https://blog-potolok.ru/osnovnye-harakteristiki-penopoliuretana/> (дата обращения: 27.03.2021).
7. Пенополиуретан: характеристики технические, сравнительные как утеплителя. – URL: <http://balkonsami.ru/uteplenie/materialyi/harakteristiki-penopoliuretana.html> (дата обращения: 27.03.2021).

В. Н. Наймушина, бакалавр, naimushinavera99@gmail.com

Е. Э. Егорова, бакалавр

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

В. Н. Милич, кандидат технических наук

УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск

Цифровая селекция гидроакустических сигналов

Рассматриваются вопросы создания системы подводного видения для беспилотного робота, используемого на подводных платформах и механизмах добычи полезных ископаемых; проведен обзор существующих методов обнаружения и оценки параметров сигнала гидроакустических систем; изучены способы обработки отраженных от подводных конструкций эхосигналов. Описаны перспективные алгоритмы цифровой селекции гидроакустических сигналов от различных источников, использующих амплитудный и фазоманипулированный код.

Ключевые слова: гидроакустика, эхосигналы, кодовая модуляция, цифровая селекция.

Введение

В настоящее время идет интенсивное освоение Мирового океана. В прибрежной части добывается значительное количество нефти и других минеральных ресурсов. Для добычи полезных ископаемых со дна необходимо использование подводных роботов, так как на глубине более 300 м выполнение любых сложных работ водолазами практически невозможно.

Решаемая задача – создание системы подводного видения для беспилотного подводного робота.

Область работы робота – подводные платформы и механизмы добычи полезных ископаемых, например, нефти и газа.

Выполнение работ сопровождается наличием большого количества конструкций и препятствий в условиях ограниченной видимости. Необходимо создание системы анализа окружающей ситуации с распознаванием в поле видения элементов конструкций и объектов по отражениям гидроакустических сигналов. Источниками исходных сигналов, направленных на окружающие объекты, являются излучатели или прожектора звуковых и ультразвуковых сигналов с различающимися характеристиками.

Гидроакустические сигналы

Гидроакустические сигналы представляют собой акустические колебания, распространяющиеся в водной среде и несущие информацию о подводном объекте.

В общем случае сигнал $s(t)$ передаваемого (переносимого) сигнала $s_m(t)$ представляется в виде [1]

$$s(t) = a(t)\cos(\omega_0 + \varphi(t)),$$

где $a(t)$ – закон изменения амплитуды несущего колебания; $\varphi(t)$ – изменение фазы несущего колебания в соответствии с модулирующим сигналом; ω_0 – несущая частота переноса модулирующего сигнала.

Для увеличения объема информации предложено использовать несколько гидроакустических прожекторов, освещающих подводный объект с разных сторон (рис. 1).

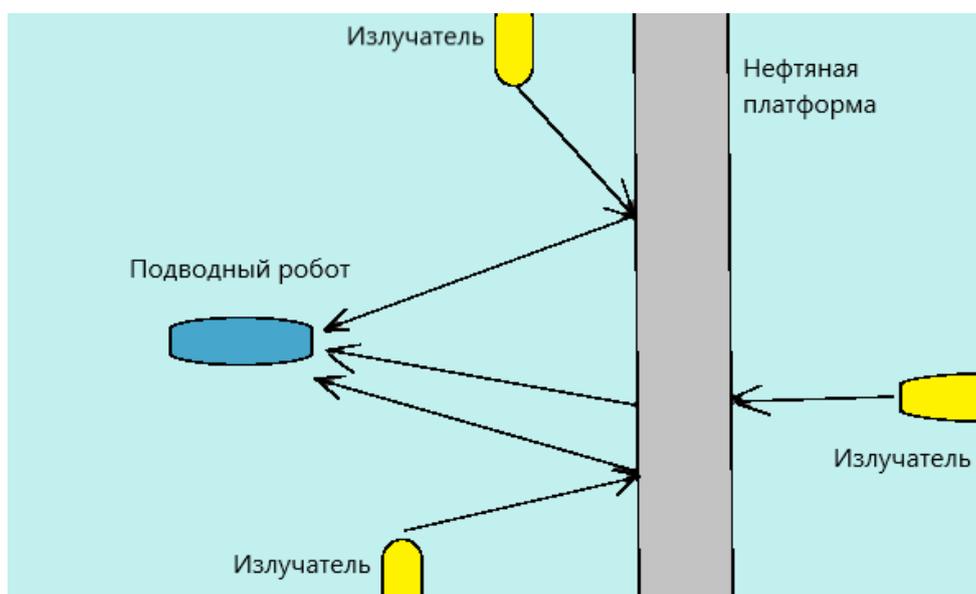


Рис. 1. Объекты информационного обмена

Сигнал отдельного прожектора может быть идентифицирован по индивидуальному коду. Процедура селекции гидроакустических сигналов необходима для выделения эхосигналов от объекта по индивидуальному коду, обусловленному осветительным сигналом каждого прожектора. Кодирование гидроакустического сигнала обеспечивается путем использования кодовой модуляции несущей частоты. Различают амплитудную модуляцию и фазовую манипуляцию. При амплитудной модуляции изменяется амплитуда колебаний с частотой, намного меньшей, чем частота самих колебаний, при этом фаза сигнала остается постоянной. Для передачи 1 и 0 используется максимальное и минимальное значение амплитуды сигнала соответственно. Фазовая манипуляция – процесс изменения фазы несущего сигнала в соответствии с мгновенными значениями модулирующего сигнала. Для передачи 1 используется сдвиг фазы. Для решения задачи идентификации прожектора сигнала в суммарном сигнале, получаемом приемником, применяется метод поиска корреляций, который показывает насколько сигнал, полученный роботом, похож на искомый код прожектора. Как только во входном сигнале появится форма, похожая на искомый код, значение корреляции в этой точке станет высоким.

Алгоритм обработки гидроакустических сигналов

Алгоритм обработки гидроакустических сигналов от различных источников, использующих амплитудный или фазоманипулированный код, отличается незначительно. На первом этапе идет моделирование или визуализация сигналов, полученных от различных излучателей. Суммарный сигнал формируется путем наложения сигналов от разных осветителей друг на друга с учетом задержки, обусловленной дальностью осветителя. Вторым этапом обработки сигналов, использующих фазоманипулированный код, является поиск точек смены фазы в суммарном сигнале. В варианте, использующем амплитудный код, осуществляется поиск точек локальных максимумов в суммарном сигнале. Шаг для поиска точек в суммарном сигнале необходимо взять настолько малым, чтобы не пропустить искомые точки.

Для оценки смены фазы сигнал представляется в виде знаковой функции:

$$g_k = \text{sign}[y_k] = \begin{cases} 1, & u_i \leq 0, \\ 0, & u_i > 0, \end{cases}$$

где y_k – суммарный сигнал.

Затем идет квадратурная обработка символа также в знаковой форме [2]:

$$X_k = \sum_{i=0}^{N_c-1} g_{k+1} \text{sign} \left[\cos \left(2\pi \frac{f_c}{f_d} i \right) \right],$$
$$Y_k = \sum_{i=0}^{N_c-1} g_{k+1} \text{sign} \left[\sin \left(\pi \frac{f_c}{f_d} i \right) \right],$$

где k – номер текущего интервала обработки; f_c – средняя частота обрабатываемого сигнала; f_d – частота дискретизации системы; N_c – длина одного символа.

Далее по значениям квадратурной обработки определяется фаза символа. Если имеется скачок фазы, то значение функции равно 1. Если же смена фазы не обнаружена, значение функции равно 0.

Для варианта, использующего амплитудный код, трехточечным скользящим окном производим поиск точек локального экстремума. Точка считается точкой локального максимума, если значение средней точки в окне больше значений двух соседних точек, то есть $a(t-1) < a(t) > a(t+1)$. Аналогично, точкой локального минимума считается точка, значение которой меньше значений двух ее соседних точек, то есть $a(t-1) > a(t) < a(t+1)$. При обнаружении точки локального максимума значение функции равно 1, иначе – 0.

На третьем этапе производится поиск корреляций суммарного сигнала с кодами разных прожекторов. Для двух последовательностей, где $x(k)$ – сигнал кода прожектора и $y(k)$ – суммарный сигнал, оценка взаимной корреляции выполняется по формуле [3]

$$K_{xy}(n) = \frac{1}{K-n+1} \sum_{k=0}^{K-n} x(k)y(k+n),$$

где K – длина последовательностей $x(k)$ и $y(k)$; $n = 0, 1, 2, \dots$ – шаг сдвига.

На заключительном этапе рассчитывается задержка сигнала Δt от каждого прожектора. Для этого рассчитываются оценки взаимной корреляции суммарного сигнала с сигналом кода прожектора, сдвигаемого относительно него с заданным шагом сдвига n . Временная задержка сигнала прожектора Δt_i , где i – номер прожектора, определяется максимумом оценки взаимной корреляции при одном из сдвигов кода прожектора. Исходя из времени задержки сигнала можно определить расстояние от приемника до объекта, используя значение скорости звука в воде. Кроме того, использование величины задержки сигнала для каждого прожектора позволяет выполнить селекцию их сигналов.

Использование нескольких осветительных прожекторов при гидроакустическом анализе подводных объектов позволяет получить больше информации о геометрических параметрах и свойствах этих объектов. При анализе сложного сигнала, составленного отражениями излучений нескольких прожекторов, эффективным является метод использования амплитудного и фазового кодирования сигналов. В работе предложены алгоритмы цифровой селекции гидроакустических сигналов, позволяющей разделить входные сигналы на его составляющие, полученные от разных излучателей.

Заключение

Основной перспективой развития проекта являются работы по приближению полученных результатов к практическому использованию. С этой целью необходимо выполнить исследование возможностей и ограничений разработанных алгоритмов в реальных условиях подводной обстановки. Для этого необходимо изучить как в условиях опытного бассейна, так и реальной подводной акватории влияние различных факторов на качество цифровой селекции гидроакустических сигналов. К существенным факторам относятся: взаимное расположение гидроакустических прожекторов и подводного объекта, температура и наличие течений водной среды, шумы других объектов и переотражения от дна и водной поверхности.

Выполненные исследования позволят определить требования к методам модуляции сигналов подсвечивающих прожекторов.

Список использованных источников

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 608 с.
2. Карбанов, И. В. Алгоритмы обработки гидроакустических сигналов : монография. – Москва : Изд-во Тихоокеанского государственного ун-та, 2018. – 140 с.
3. Давыдов, А. В. Теория сигналов и систем. – URL: <http://prodav.narod.ru/signals/index.html> (дата обращения: 12.04.2021).

Никифоров М. А., студент, 8miklenik8@gmail.com
Процкий А. В., студент
Полянских И. С., кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова\

Исследование влияния солей кальция на электрофизические и механические свойства бетона*

Приведены результаты исследования влияния дисперсной углеродсодержащей добавки в виде технической сажи, вводимой в количестве 7 % от массы вяжущего на эксплуатационные характеристики бетона. Снижение прочностных характеристик материала, установленное при данном содержании добавки, нивелировано за счет введения азотнокислого кальция в количестве 3 %. Выявлены особенности изменения электрического сопротивления модифицированных составов под воздействием динамического нагружения. Определено, что содержание дисперсной добавки и солей кальция в составе образцов способствует снижению электрического сопротивления на 42,5 и 33,1 % соответственно по сравнению с не модифицированными составами. По приведенным результатам исследований возможно предположить использование полученных составов в качестве основы при разработке «умных» самодиагностирующихся бетонов.

Ключевые слова: комплексное модифицирование, углеродсодержащие добавки, нитрат кальция, электрическое сопротивление.

Введение

В связи с развитием энергетической промышленности и особенностей ее функционирования появилась потребность в новых строительных материалах, обладающих стабильными электрофизическими и механическими свойствами. Одновременно с данной потребностью возрос спрос на современные методики неразрушающего контроля состояния несущих конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений повышенного уровня ответственности.

С точки зрения исследовательской практики таким свойством бетона как электропроводимость начали интересоваться относительно недавно. Однако накоплено достаточное количество результатов исследований [1–5], направленных на оценку бетона как электротехнического материала, а также имеется значительное количество работ, предлагающих методы и подходы к направленному регулированию свойств материалов на цементной основе.

На основании результатов исследований электрофизических свойств бетона установлено, что возможный механизм электропроводности цементного

© Никифоров М. А., Процкий А. В., Полянских И. С., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в рамках научного проекта ПИА/20-67-04.

камня заключается в следующем [6]: ионы клинкерных минералов, как и химически связанная вода, содержащиеся в структуре кристаллической решетки цементного камня, при определенных условиях могут выступать носителями тока. Также влияние на электропроводность оказывает цементный гель, представляющий собой скопление гидратированных гидросиликатов кальция, причем наибольшее влияние на изменение электропроводности оказывает химически связанная вода, содержащаяся в структуре цементного геля. Было установлено [7], что удельное сопротивление минералов будет увеличиваться при удалении влаги из структуры бетона: с увеличением температуры – при нагреве, и со временем – в процессе высушивания. Таким образом, можно предположить, что повышение степени закристаллизованности цементного камня способствует изменению удельного электрического сопротивления.

Главным фактором, сдерживающим широкое использование бетона в качестве электропроводника, является непостоянство показателей электрического сопротивления. Установлено, что данный показатель у материалов на цементной основе может меняться на 6–10 порядков, даже при небольших изменениях окружающей среды [7]. Поэтому становится целесообразным введение модификаторов, способных поддерживать заданные параметры электрофизических показателей на приемлемо стабильном уровне.

На данный момент в области строительного материаловедения известен широкий спектр различных добавок (например: металлические волокна, углеродные нанотрубки, полимерные добавки), регулированием соотношения которых возможно стабилизировать электропроводимость материала. Однако подобные добавки, вводимые в высоких концентрациях для придания электропроводящих свойств, одновременно негативно сказываются на прочностных качествах получаемого материала. Поэтому при подборе состава электропроводящих бетонов необходимо искать компромиссные решения для придания оптимальных физико-механических и электротехнических свойств.

Известно, что углеродсодержащие добавки, такие как мелкодисперсная сажа, обладают удельным объемным электрическим сопротивлением $9,4 \cdot 10^{-3} - 8,5 \cdot 10^{-1}$ Ом·м, что значительно ниже подобного показателя для цементного камня [7]. В качестве токопроводящей добавки, при введении в оптимальной концентрации сажа способна увеличить показатели электропроводности бетона на 40 % по сравнению с не модифицированными составами при сохранении водовязящего соотношения [4].

В данном исследовании в качестве мелкодисперсного модификатора была использована техническая сажа, являющаяся углеродсодержащей диспергированной добавкой, полученной на основе отходов промышленности при производстве технического углерода. Выбор подобной добавки основан на предположении, что дисперсная фаза способна приводить к формированию электропроводящего «моста» из частиц углерода, способствующего прохождению электрического заряда (эффект электрической перколяции) [6]. Это обуславливается тем, что размер частиц сажи намного меньше частиц гидратированного цементного камня, вследствие чего возможно встраивание дисперсного компо-

нента между новообразованиями, приводящее к формированию плотной структуры с пониженной пористостью. Также было установлено, что введение сажи улучшает эксплуатационные свойства бетона, однако данная добавка приводит к снижению прочностных характеристик конечного продукта. Данный эффект можно обосновать повышенными дозировками модифицирующего компонента, что способствует образованию более дефектной структуры материала вследствие недостаточного количества связующего компонента [1].

Для оптимизации структуры и свойств электропроводящего бетона в исследовании использован четырехводный нитрат кальция. Введение данного модификатора способствует увеличению набора прочности цементных бетонов на ранних сроках твердения. Вследствие ускорения процесса гидратации наблюдается повышение прочности на 1-2-е сутки, которое с течением времени нивелируется [8]. Также необходимо отметить, что данный вид модификации является безхлоридным, что позволяет получить бетон, не склонный к проявлению усадочных явлений и более устойчивый к коррозии.

Материалы и методы

На основании проведенного анализа научно-исследовательских работ были предложены экспериментальные составы (табл. 1) для мониторинга изменений характеристик, проявляющихся под действием динамической нагрузки.

Таблица 1. Составы образцов

Материалы, соотношение	№ образца	Состав бетонной смеси в долях			
		1	2	3	4*
ЦЕМ-I : песок		1:2	1:2	1:2	1:2
Вода : ЦЕМ-I		0,5	0,5	0,5	0,5
Сажа, % от массы цемента		–	7	–	7
Соль, % от массы цемента		–	–	10	3

* Испытания образцов проводилось в возрасте 28 суток.

Для приготовления цементно-песчаного раствора был использован портландцемент «Евроцемент» ЦЕМ-I42.5 Б, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108–2016 «Цементы общестроительные. Технические условия».

В качестве мелкого заполнителя был использован песок строительный SP-10, расфасованный на заводе строительных материалов «Альтаир» (г. Ижевск). Заполнитель соответствует требованиям ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».

Добавкой, регулирующей электропроводные характеристики, послужила содержащая техническую сажу суспензия производства Palizh под торговой маркой № УСР.МІХ.ВС (г. Ижевск), которая изготовлена по ТУ 2316-001-496330959–02. Концентрация сажи от общего объема не менее 99 %.

В целях нивелирования ожидаемого негативного эффекта от введения электропроводящей добавки использовался азотнокислый кальций $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ производства Chempack, изготовленный по ТУ 2181-039-32496445–2004.

В качестве контрольных образцов для определения прочности на сжатие изготавливались образцы-кубы размером 70×70×70 мм в соответствии с ГОСТ 10180–2012. Испытания на прочность при динамическом нагружении проводились на гидравлическом прессе ПГМ-100 МГ4 по правилам, описанным в ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

При изготовлении образцов определялась водопотребность с использованием прибора Вика. Было установлено, что для обеспечения нормальной густоты цементного теста необходимо соблюдение соотношения вода/цемент близкое к 0,5.

При формировании смеси для последующего удобства определения электрического сопротивления была использована тканая сетка из нержавеющей стали диаметром проволоки 0,16 мм и размерами ячейки 0,4 мм. Сетка помещалась параллельно в два ряда на определенном расстоянии L (рис. 1). Во избежание влияния внешних факторов на точность измерения электрического сопротивления (а именно перехода части электрического заряда от образца в металлические обхваты прессы) в качестве изоляционной прокладки были использованы плитки из текстолита размером 70×70×2 мм.

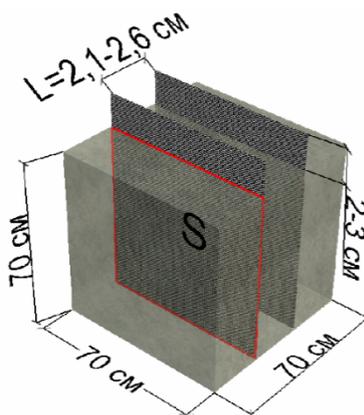


Рис. 1. Размещение металлической сетки в образце

Измерение электрического сопротивления осуществлялось при помощи измерителя иммитанса Е7-20 «МНИПИ».

Формула для подсчета удельного сопротивления была выведена из общей формулы сопротивления:

$$R = \rho \frac{L}{S} \rightarrow \rho = R \frac{S}{L},$$

где R – сопротивление, Ом; S – площадь сечения, через которое протекает электрический заряд, см²; L – расстояние между сетками (см. рис. 1); ρ – удельное электрическое сопротивление, Ом·см².

Мониторинг изменений электротехнических свойств под динамической нагрузкой проводился при достижении образцами возраста 7 и 28 суток. Измерение электропроводности и определение прочности на сжатие проводилось одновременно, что частично позволило симулировать реальные эксплуатационные условия.

Результаты испытаний

Рассматривая полученные данные, представленные на рисунке 2 и в таблице 2, можно сделать некоторые выводы о влиянии компонентов на изменение электропроводности бетона.

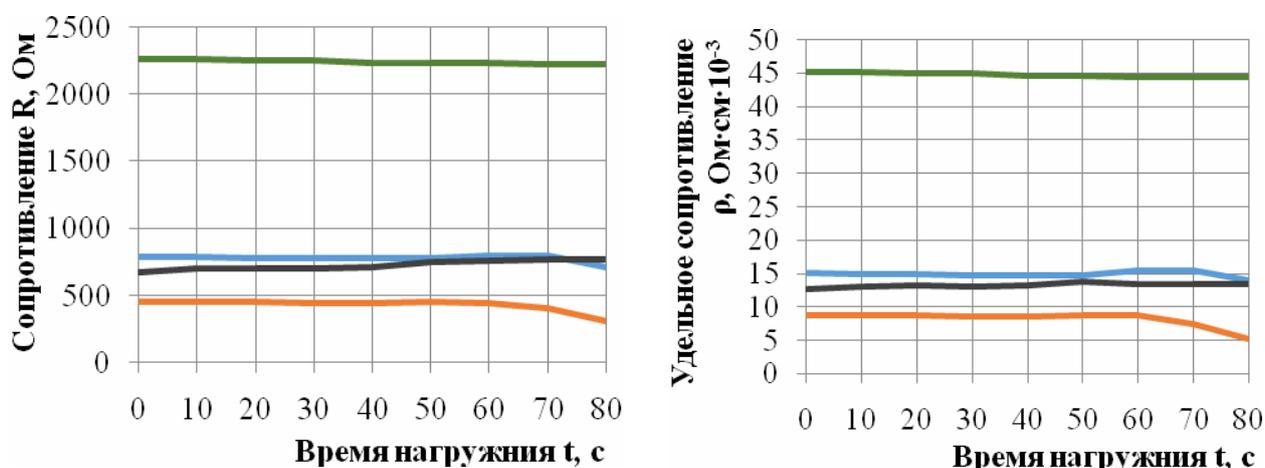


Рис. 2. Графики изменения сопротивления и удельного сопротивления при динамическом нагружении образцов в возрасте 7 и 28 суток

Таблица 2. Прочностные показатели образцов

№ образца	Показатели прочности	Сопротивление сжатию R , МПа	Удельное сопротивление ρ , Ом·см· 10^{-3}
1 (контроль)		15,27	8,21
2 (сажа, в количестве 7 %)		13,97	14,91
3 (соль, в количестве 10 %)		14,85	13,26
4 (сажа 7 % + соль 3 %)*		17,41	44,80

* Возраст образцов 28 суток.

Как видно из графиков при длительном нагружении сопротивление остается практически неизменным, тогда как в образцах с сажой наблюдается уменьшение сопротивления при достижении критической нагрузки. Это связано с процессом совмещения контактов частиц углерода, что ведет к снижению пористости и увеличению контактной зоны, через которую проходит электрический заряд [7].

При добавлении углеродсодержащего модификатора наблюдается увеличение электрической проводимости на 42,5 % в сравнении с контрольным образцом. В то же время добавка в оптимальном значении для формирования электрического сопротивления оказывает неблагоприятное влияние на прочностные свойства бетона, уменьшая показатель прочности на сжатие на 8,51 %.

Для изучения влияния нитрата кальция в качестве электропроводящего модификатора был изготовлен образец, содержащий 10 % данной добавки. При этом можно наблюдать прирост электропроводности меньший на 9,4 % по сравнению с эффектом от сажи.

Процесс изменения данного электрофизического параметра можно объяснить образованием проводящего электролита в порах цементного камня при протекании процесса гидратации [5]. Однако данное количество добавки не оптимально, так как отрицательно влияет на набор прочности.

Наиболее стабильные результаты продемонстрировали образцы с содержанием 3 % нитрата кальция и 7 % углеродной добавки. Испытания проводились на 28-е сутки, так что показатели электрофизических параметров увеличились до 3 раз (по сравнению с результатами на 7-е сутки). Сравнивая данные значения с результатами испытания контрольных образцов на 28-е сутки наблюдается уменьшение сопротивления примерно в 3 раза (R_c 63,1 кОм до 22,6 кОм), а в сравнении с показателями образцов модифицированных только солью (R около 101 кОм) – до 5 раз. По прочности на 28-е сутки состав № 4 показал прирост прочности по отношению к немодифицированному составу на 9,8 % (17,41 МПа и 15,71 МПа). Образование более прочной структуры объясняется природой и характером новообразований, формирующихся при введении нитрата кальция [7].

Выводы

При изучении влияния совместного действия электропроводящей добавки и соли на электрофизические и механические параметры материалов на цементной основе было установлено:

1) введение 7%-й дисперсной углеродсодержащей добавки (сажи) снижает параметры механической прочности бетона на сжатие на 8,51 %, однако способствует изменению показателя электропроводности на 42,5 %;

2) дополнительное введение в состав азотнокислого кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в количестве 3 % способствует увеличению прочности в ранний период гидратации на 9,8 %;

3) совместное введение дисперсного компонента и нитрата кальция в оптимальных соотношениях позволяет сформировать условия для получения материала с удовлетворительными прочностными и электрофизическими параметрами;

4) показатель сопротивления образцов с сажой уменьшается при достижении критической разрушающей нагрузки.

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить использование модифицированных составов в качестве основы при разработке «умных» самодиагностирующихся бетонов.

Список использованных источников

1. *Tian, X., Hu, H.* Test and Study on Electrical Property of Conductive Concrete. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2012, 5, 83-87.
2. *Monteiro, A.O., Cachim, P.B., Costa, P.M.F.J.* Electrical Properties of Cement-based Composites Containing Carbon Black Particles. *Materials Today: Proceedings*, 2015, 2 (1).
3. *El-Dieb, A.S., El-Ghareeb, M.A., Abdel-Rahman, M.A.H., Nasr, E.S.A.* Multifunctional electrically conductive concrete using different fillers. *Journal of Building Engineering*, 2018, 15.

4. *Cordon, H.C.F., Tadini, F.B., Akiyama, G.A., De Andrade, V.O., Da Silva, R.C.* Development of electrically conductive concrete. *Ceramica*, 2020, 66 (377).
5. *Yakovlev, G., Vít, Č., Polyanskikh, I., Gordina, A., Pudov, I., Gumenyuk, A., Smirnova, O.* The effect of complex modification on the impedance of cement matrices. *Materials*, 2021, 14 (3).
6. *Бернацкий, А. Ф.* Электроизоляционный бетон (технология, свойства, конструкция) : монография. – Новосибирск, 2016. – 184 с.
7. *Пугачёв, Г. А.* Технология производства изделий из электропроводных бетонов / Институт теплофизики СО АН СССР. – Новосибирск, 1988. – 198 с.
8. *Collepari, S., Collepari, M., Troli, R., Franke, W.* The Influence of Calcium Nitrate on Concrete With Portland Blended Cements. Eleventh International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, 2015 (July).

Е. А. Николаева, студент, katnik2002@gmail.com
С. А. Груздь, кандидат физико-математических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Математическое моделирование поведения ударной волны в помещении

Рассмотрена одна из чрезвычайных ситуаций – взрыв, который сопровождается образованием и распространением ударной волны в окружающей среде. Ударная волна характеризуется резким сжатием среды, движением во все стороны воздуха по сферической траектории. Также проведен обзор параметров ударной волны – давления и скорости – с помощью математического моделирования, которое позволило экспериментально оценить степень разрушения.

Ключевые слова: взрыв, ударная волна, математическое моделирование, поле давления.

Введение

В современном мире с развитием технического прогресса всё чаще происходят чрезвычайные техногенные ситуации, одна из них – взрыв, который влечет за собой много разрушений и трагических последствий. При взрыве высвобождается большое количество энергии, в результате чего образуется сильно нагретый газ с высоким давлением [1].

Характеристиками взрыва являются: высокая скорость химического превращения; выделение большого количества газообразных продуктов; сопровождение сильным звуковым эффектом. Причинами взрывов на предприятии могут быть: нарушение использования производственного оборудования; халатность персонала; отсутствие оценки контроля состояния повреждений и разрушений на промышленных объектах; превышение предельной нормы концентрации газа; установки, работающие под давлением [2].

Виды взрывов: *физический*, возникает вследствие изменения физического состояния вещества; *химический*, происходит в результате перехода потенциальной энергии в тепловую и кинетическую энергию расширяющихся продуктов взрыва; *ядерный*, образуется за счет выделения ядерной энергии в процессе деления ядер.

Взрыв сопровождается образованием и распространением ударной волны в окружающей среде. Ударная волна представляет собой резкое сжатие среды, происходит ее распространение в виде сферического слоя во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью. Для ударной волны характерны изменения таких параметров, как плотность, давление, температура и скорость [3].

При распространении ударной волны может произойти столкновение со стенами зданий, сооружений, давление около отражающей поверхности резко увеличивается. Колебания волны зависят от угла столкновения ударной волны с поверхностью и ее физического состояния.

Математическое моделирование взрыва

Для принятия мер по уменьшению последствий от воздействия ударной волны на здания, объекты, технику и человека при взрыве необходимы сведения, характеризующие взрыв, которые можно получить путем проведения эксперимента.

С помощью математического моделирования можно оценить воздействие ударной волны на объекты, прогнозировать последствия взрыва при заданных параметрах, проанализировать безопасные положения, расчет получившегося количества взорвавшегося вещества. Также моделирование ситуаций распространения продуктов взрыва и расчет показателей, характеризующих будущей взрыв [4]. Уравнения Навье – Стокса для сжимаемой среды, дополненные уравнением сохранения энергии с учетом сил давления, применяются для описания поведения газовых смесей при взрыве:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho(u \times \nabla)u &= \nabla \times [-\rho l + K], \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \times (\rho u) &= 0, \\ d_z \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + d_z \rho c_p u \times \nabla T + \nabla \times q &= d_z Q + q_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – плотность среды; u – скорость; c_p – теплоемкость при постоянном давлении; T – температура; q – теплота.

Составлена математическая модель на основе уравнений (1), позволяющая определить поле давлений, температур и скорости распространения ударной волны, возникшей в заданной точке пространства. Расчеты позволяют оценить поведение фронта резкого скачка термодинамическим параметром среды, что позволит в дальнейшем произвести оценку правильных действий при возникновении катастроф связанных со взрывами.

На рисунке 1 представлены результаты изменения скорости ударной волны, по которым наблюдаются участки высоких значений скоростей на разных этапах по времени, в различных точках комнаты.

Исходя из проведенного эксперимента можно сделать вывод, что ударная волна распространяется мгновенно, перемещается по сферической траектории, при столкновении с препятствием отталкивается – задается новое направление скорости, возникают новые точки распространения ударных волн.

Поле давления изображено на рисунке 2.

Давление в той части помещения, которая ограничена тремя стенками, самое высокое, на протяжении эксперимента оно колеблется от 9 до 12 атм, значит, ведет к сильной степени разрушения, при которой повреждается большая часть перекрытий.

Область наименьшего давления находится около перегородки с внешней стороны препятствия, колеблется от 3 до 5 атмосфер, что менее разрушительно, чем в других частях комнаты.

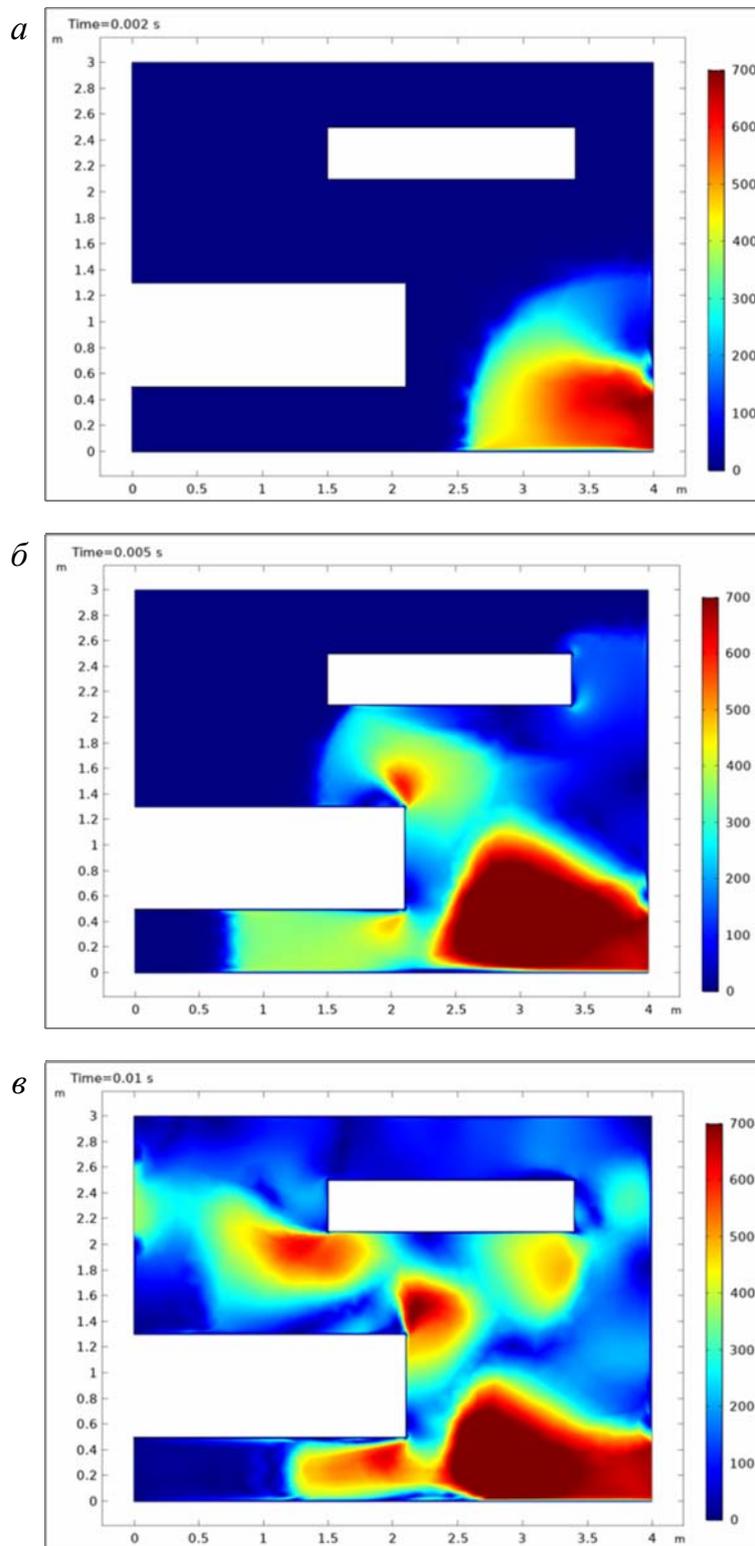


Рис. 1. Распространение скорости ударной волны, м/с, в помещении:
а – 0,002 с; б – 0,005 с; в – 0,01 с

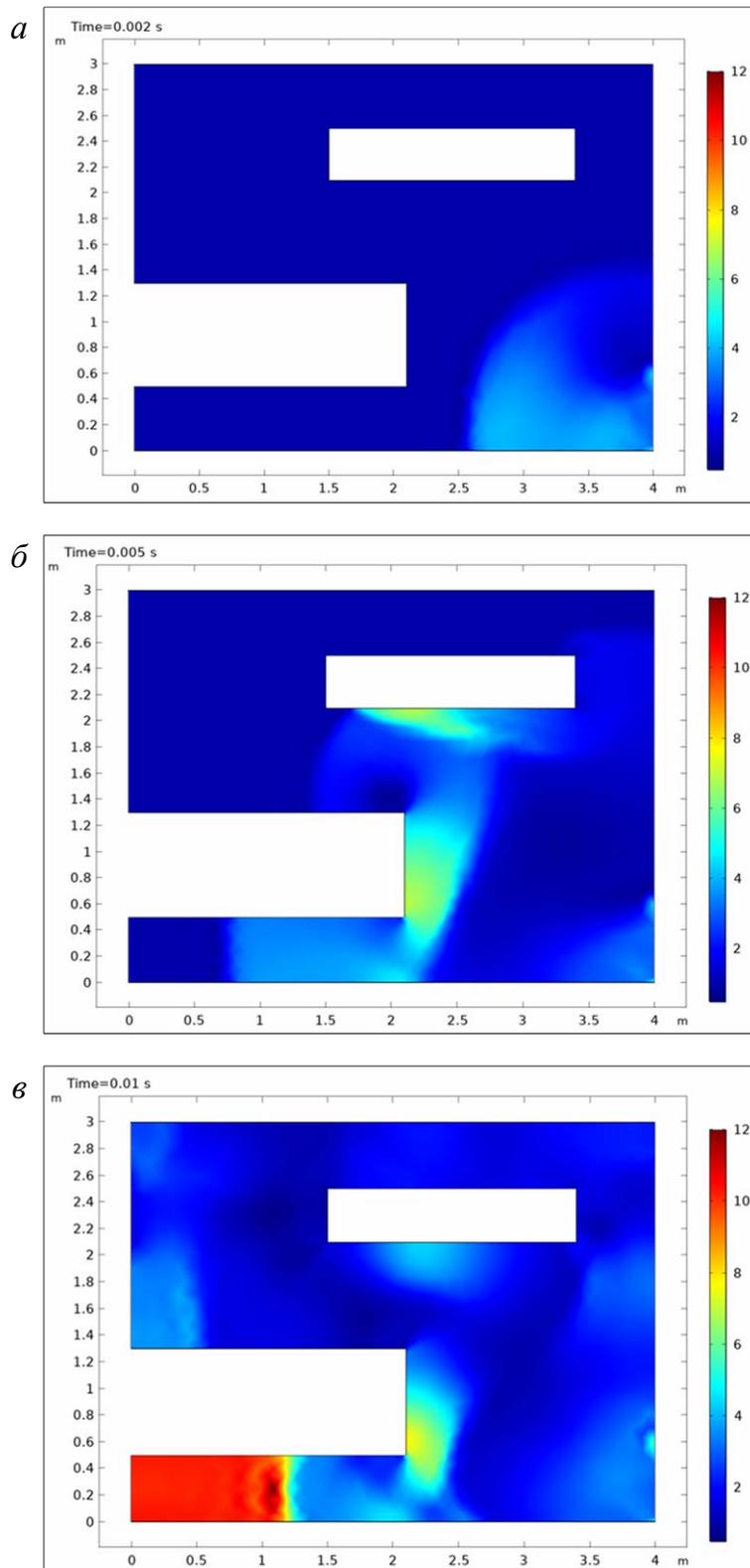


Рис. 2. График изменения давления, атм, в помещении:
a – 0,002 с; *б* – 0,005 с; *в* – 0,01 с

Заключение

На любом промышленном предприятии должны проводиться предупредительные мероприятия по устранению причин, в результате которых могут произойти взрывы. Подразделения, отвечающие за безопасность, осуществляют

контроль и слаженную работу взрывоопасных объектов. Должна проводиться работа о предупреждении населения о наличие безопасных мест, при которых можно укрыться от взрыва.

Список использованных источников

1. Теория горения и взрыва : учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А. В. Тотая, О. Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 255 с. (Серия: Профессиональное образование).

2. *Иванов, А. М.* Причины пожаров и взрывов, их последствия: URL: https://иванов-ам.пф/obzh_08/obzh_materialy_zanytii_08_06.html#:~:text=ПРИЧИНАМИ%20ВЗРЫВОВ%20НА%20ВЗРЫВООПАСНЫХ%20ПРЕДПРИЯ (дата обращения: 02.04.2021).

3. Воздушная ударная волна в сооружениях : монография / А. В. Мишуев. – Москва : МГСУ, 2015. – 408 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

4. Материалы факультета военного обучения (МГТУ им. Н. Э. Баумана) – URL: https://arli-st.ru/article/article_11.html (дата обращения: 04.04.2021).

Р. Пермяков, студент

И. Н. Тестова, кандидат технических наук, intestova@gmail.com
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Выравнивание производственной нагрузки методом питча

Организация эффективного производства как элемент научной организации труда реализуется в соответствии с экономической конъюнктурой, спецификой и масштабом бизнеса. Для малых и средних компаний в период кризиса рекомендуется обратить внимание на дополнительные возможности выравнивания производства методом питча, позволяющие существенно оптимизировать затраты.

Ключевые слова: эффективное производство, питч, выравнивание нагрузки.

Введение

Эффективное производство, интеллектуальные производственные технологии, методы научной организации труда неразрывно связаны с учетом человеческого фактора, эффективным использованием времени и совершенствованием технологических процессов. С развитием индустриализации постоянно совершенствуются подходы к оптимальному сочетанию данных факторов и вырабатываются новые механизмы управления. В трудах отечественных и зарубежных авторов еще XIX века, научных школ и корпораций накоплен и обобщен огромный опыт эффективного управления производственными процессами. Немалый вклад в развитие теории эффективного управления внесли российские и советские ученые и общественные деятели, начиная с М. В. Ломоносова, сотрудников Московского высшего технического училища, А. К. Гастева, В. М. Глушкова и многих других представителей современных научных школ [1].

Методы управления и их развитие

Развитие и совершенствование методик управления является непрерывным процессом и следует за изменением экономической конъюнктуры. Современная концепция бережливого производства и внедрения интеллектуальных производственных технологий становится как никогда актуальной в настоящее время, так как в кризисной экономике компании выбирают стратегию сокращения, а основным конкурентным фактором при прочих равных условиях являются низкие затраты. Тем актуальнее становятся технологии TQM, стандартизация ISO, 6 SIGMA, JIT, TPS, реинжиниринг бизнес-процессов, бережливое производство и теория ограничений [2–4].

Кризис и развитие информационных технологий делает вновь актуальной продукцию компаний малого и среднего бизнеса, диалектически возвращает

нас к мелкосерийному и даже индивидуальному производству, например, к повсеместному развитию аддитивных технологий, хотя еще совсем недавно успех связывался с глобализацией, массовым производством и крупными транснациональными корпорациями.

Таким образом, правильно используя и комбинируя опыт предшественников, любая компания может создать свой набор управленческих приемов, совершенствуя свои производственные процессы.

Для малых производственных компаний, у которых минимизированы затраты на оплату труда, используются специальные режимы налогообложения, оптимизированы внешние логистические потоки, стандартизирована продукция и нет возможности постоянно обновлять производственные мощности (сложности с доступностью внутренних инвестиций в РФ), всегда остаются резервы развития бережливого производства на основе принципа Хейдзунка, цель которого – сглаживание производственного плана и выравнивание производственной нагрузки [1, 2, 4].

Метод питча

Выравнивание производственной нагрузки и оптимизация внутренних бизнес-процессов и материальных потоков происходит благодаря формированию питчей, которые позволяют агрегировать имеющийся ассортимент выпускаемой продукции таким образом, как будто производство выпускает только одно изделие. Питч – это заранее распланированные по партиям продукты разной сложности производства [4].

Применение данного метода в индивидуальном и мелкосерийном производстве удобно проиллюстрировать на примере компании, производящей пластиковые окна (<https://wkazarin.ru/2017/05/24/leveling-pitch-pitch-formula-and-genom-of-pitch/>). С учетом востребованности сельской ипотеки и государственной поддержкой ипотечного кредитования данная сфера предприятий малого бизнеса могут иметь стабильные заказы в течение ближайших 3–5 лет.

При производстве окон все операции связаны временем цикла сварки. Рассмотрим партию из 59 окон, наличие двух сварочных станков, время на сварку – 180 сек., установка фурнитуры на створку – 180 сек., установка импоста – 180 сек. и т.д. (графически их производство в порядке поступления заказов представлено на рис. 1).

Из графика видно, что в тот момент, когда изделие проходит через операцию установки фурнитуры на створку, оператору требуется на каждую створку 180 сек., но если смотреть по конкретным изделиям, то ему требуется от 0 сек., когда створок в окне нет, до 540 сек., когда в окне 3 створки. Оператору все створки кажутся просто створками, но посмотрим на поток в целом. Рамы движутся по своей линии с постоянной скоростью, так как рама всегда одна. А вот створки будут отставать тем больше, чем больше створок в окне. В самом пиковом значении, на 41-м изделии, отставание составляет 3420 сек., или 19 изделий. Таким образом, когда будут готовы рамы для 40 изделий, для 19 из них не будет хватать створок. Следующая операция – навеска – требует, чтобы соответствующая створка (-и) была в наличии для подходящей рамы, иначе такое

изделие нельзя передать дальше – на стенд остекления. Решение этой проблемы привычными методами находится достаточно быстро и просто: сделать накопители для створок, и запускать створки в изготовление раньше, чем рамы, но такое решение будет иметь существенные недостатки – потери от перепроизводства створок и дополнительные затраты на поиск и маркировку створок.

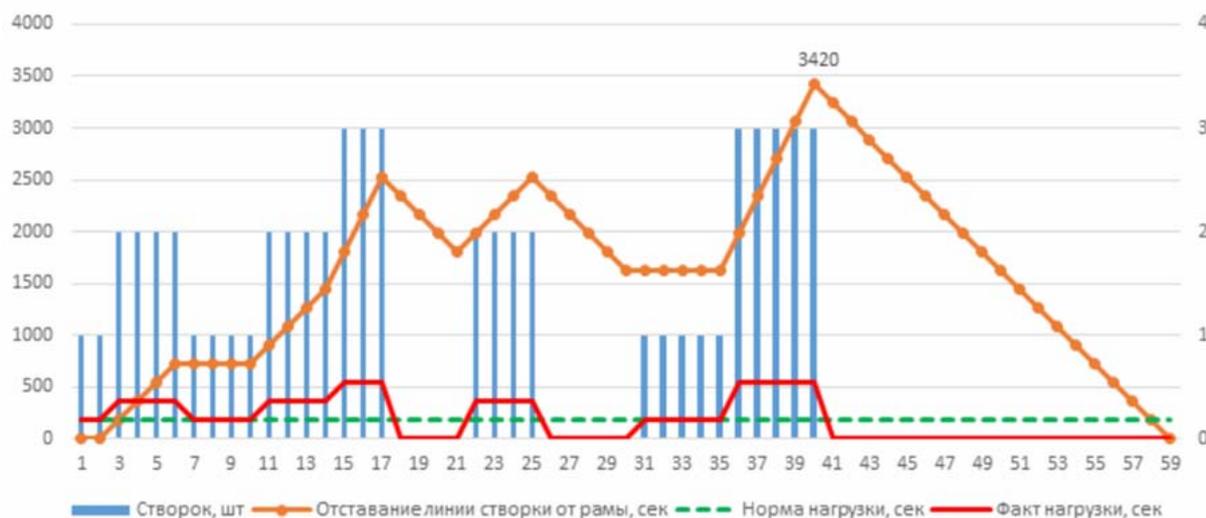


Рис. 1. График нагрузки на установке фурнитуры

Таким образом, неравномерность производственной нагрузки порождает целую индустрию дополнительных решений, оборудования и действий, что является прямыми потерями для производства: вложения в оборудование, лишние люди, лишние площади, лишние движения, ошибки, царапины и проч. Данная тема поднималась впервые в компании Тойота при внедрении технологии «Кайдзен» [3, 5].

График сборки при равномерном распределении изделий с одинаковым количеством створок представлен на рисунке 2.

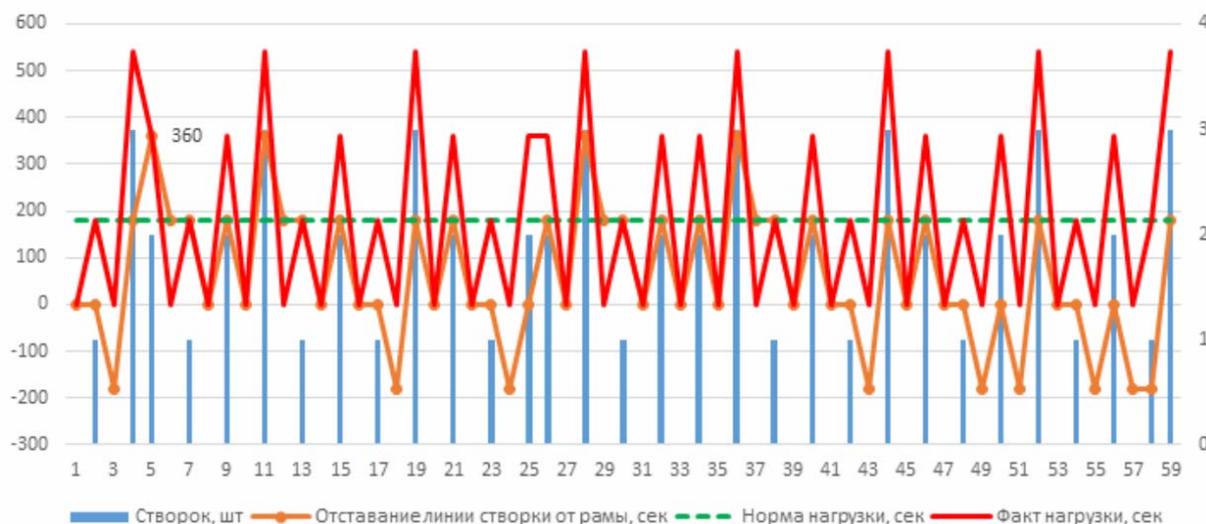


Рис. 2. Нагрузка на установке фурнитуры с выравниванием

Из графика видно, что нагрузка повышается и опускается каждый цикл, а накопление отставания за весь период производства четырежды достигает отметки 360 сек., т. е. всего в два изделия. Говоря другими словами, накопитель требуется всего для двух створок. Конечно, хранить, искать, переключать две створки гораздо проще, чем 19. Таким образом, всего лишь поменяв порядок запуска окон на производственную линию, мы можем избавиться или значительно сократить потери, связанные с неравномерностью производственной нагрузки.

Для выравнивания нагрузки применяется понятие питча (от англ. pitch – упаковка) – условного изделия, скомпонованного из нескольких продуктов, изготавливаемых за определенное количество времени и кратного общему объему выпуска.

Формирование питча увязывает объем заказов (при максимальном и минимальном спросе) и параметры технологического процесса. Соотношение объема заказа с производственными возможностями определяет время такта.

Например, для полного удовлетворения клиентского спроса требуется произвести 300 окон в день. Если рабочая смена составляет 10 ч, то необходимо производить одно окно каждые 120 сек.; это время такта. Изготавливать за одно и то же время такта разные по сложности окна возможно, подобрав питч из окон разной сложности таким образом, чтобы сумма этих сложностей всегда составляла одно и то же время, например 60 мин, за которые необходимо произвести 30 окон. В результате можно рассчитывать на то, что такой питч будет всегда производиться за заданное время и всегда содержать определенное количество изделий разной сложности. Для расчета параметров питча необходимо учесть параметры технологического процесса и потребности рынка.

Параметры технологического процесса – это уникальная трудоемкость каждой операции на производстве, которая зависит от оборудования, планировки, человеческих возможностей. Используя методику тайм-менеджмента, устанавливается время выполнения отдельных технологических операций, учитываются возможности последовательного и параллельного выполнения операций.

Например, при сборке окон установка импоста занимает 90 сек. В зависимости от наличия и количества импостов время установки занимает от 0 для окон без импостов до 270 сек. для 3.

Далее, чтобы приступить к начальному выравниванию, введем допущение в виде ограниченного набора моделей, которые описывают суммарную сложность окна. Например, от «очень простого» до «очень сложного»: А – очень простое; В – простое; С – нормальное; D – сложное; Е – очень сложное.

Для деления заказов по данным группам используется имеющаяся в компании статистика, проводятся маркетинговые исследования, бенчмаркинг. Чем больший объем продукции будет проанализирован, тем точнее можно подобрать состав выровненного питча. В любом случае необходимо учитывать клиентский спрос – 30 единиц продукции за 60 мин. В результате анализа получается формула питча: на каждые 30 окон (которые требуются за каждые 60 мин) приходится: А – 2 шт.; В – 8 шт.; С – 15 шт.; D – 4 шт.; Е – 1 шт. Варианты загрузки представлены на рисунке 3.

A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	E
Недозагрузка										Нормальная загрузка														Перегрузка					

Рис. 3. Изделия, сгруппированные по формуле питча

Зная время на изготовление изделий в зависимости от их сложности, необходимо скомпоновать питч, производимый всегда за одно и то же время, например, A2B8C15D4E1. Под этот ритм должны подстраиваться все наши основные и вспомогательные действия. Однако это еще не совсем выровненная последовательность (рис. 4).

C	C	B	A	C	C	B	D	C	C	B	E	A	C	B	D	C	C	B	D	C	C	B	D	C	C	B	D	C	C
Неравномерность всё ещё сохраняется, но её амплитуда значительно меньше.																													

Рис. 4. Изделия в питче, выровненные по производственной нагрузке

Даже собранные в питч окна могут вызывать то перегрузку, то недогрузку. А значит, будут вызывать или ожидание, или излишнее ускорение на операциях. И задача следующего шага – дополнительно сгладить нагрузку внутри питча, исключив попадание на операцию последовательно двух очень простых или очень сложных изделий. Таким образом, объединив два подхода – производство питчами и выравнивание производственной нагрузки – можно достаточно точно и с минимумом потерь организовать процесс производства.

Вывод

На основе данной методики можно разработать алгоритмы для различных вариантов загрузки производства и включить их в разработку годовых производственных планов с целью прогнозирования денежных потоков и работы над всеми элементами управления компанией. Кроме того, полученные данные можно использовать для автоматизации управления, включать алгоритмы питча в систему интеллектуальных производственных технологий.

Список использованных источников

1. Владыкин, А. А. Система «бережливого производства» как механизм повышения конкурентоспособности предприятия : монография / А. А. Владыкин, Г. А. Гершанок ; под редакцией А. И. Татаркина. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2016. – 180 с.
2. Бережливое производство как современная инновационная концепция эффективного управления предприятиями энергетической отрасли : монография / А. А. Сагдеева, И. А. Гусарова, Г. Х. Яруллина, М. В. Райская. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – 100 с.
3. Канбан и «точно вовремя» на Toyota: Менеджмент начинается на рабочем месте / перевод Е. Пестерева. – 4-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 214 с.
4. Шараев, В. П. Хейдзунка как инструмент повышения стабильности производственного процесса // Наука и общество в эпоху перемен. – 2016. – С. 77–80.
5. Имаи Масааки. Кайдзен: Ключ к успеху японских компаний / перевод Т. Гутман. – 9-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 276 с.

Ю. А. Порсев, магистрант, yuga-porsev@mail.ru
А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент
Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент
Е. А. Федорова, ассистент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Расчет необходимых характеристик высокоскоростной видеокамеры для системы оценки параметров движущихся частей стрелкового оружия

Приведены недостатки устройств, применяемых для измерения перемещений движущихся частей стрелкового оружия. В качестве наиболее перспективного в настоящее время рассмотрен вариант использования высокоскоростной видеосъемки. Рассматриваются основные принципы расчета необходимых характеристик высокоскоростной видеокамеры для системы оценки параметров движущихся частей стрелкового оружия и их обоснование. Проведен эксперимент, подтверждающий правильность выполненных расчетов.

Ключевые слова: высокоскоростная съемка, расчет характеристик камеры, стрелковое оружие, измерительная система.

Введение

Для измерения линейных перемещений движущихся частей стрелкового оружия во время стрельбы получили применение электрические, механические и оптические велосиметры, а также скоростная видеосъемка [1, 2].

Электрические и механические велосиметры имеют серьезный недостаток, заключающийся в наличии механической связи подвижной части оружия и регистрирующего устройства, что обуславливает изменение динамических характеристик оружия и внесение погрешностей в результаты измерений. Использование оптических велосиметров предполагает ручную обработку полученных результатов. Вместе с тем известно достаточно большое количество устройств, которые, с одной стороны, исключают недостатки, обусловленные наличием механической связи подвижной части оружия и регистрирующего устройства, с другой – обладают высокой сложностью реализации [3–5] либо низкой функциональностью [6].

При этом вплоть до недавнего времени использование скоростной видеосъемки считалось весьма дорогостоящим и применялось лишь в единичных исследованиях. В настоящее время устройства для скоростной видеосъемки становятся всё более доступными. Данный способ измерения перемещения не вносит погрешностей, при использовании современного ПО исключает ручную обработку. В связи с этим следует рассматривать видеосъемку с использовани-

ем высокоскоростных видеокамер как один из наиболее перспективных вариантов при оценке параметров движущихся частей стрелкового оружия.

Технически высокоскоростная камера представляет собой оптический объектив и сверхчувствительный КМОП сенсор, состоящий из элементов, которые преобразуют оптическое излучение в электрический сигнал [7].

Область применения высокоскоростных камер в настоящее время чрезвычайно широка и включает изучение быстропротекающих процессов (сварки [8], взрывов и ударов [9]), изучение движения потока частиц в струе жидкости [10] и пр.

При решении подобного плана задач на первый план выходит необходимость выбора оптимальных параметров оптико-электронной системы для скоростной съемки: чувствительности, разрешения и частоты кадров видеокамеры, параметров объектива, расстояния до объекта и др.

Расчет необходимых характеристик

Для расчета необходимых характеристик высокоскоростной видеокамеры установлены граничные требования: диапазон анализируемых скоростей (до $v_{\max} = 10$ м/с), размер анализируемого подвижного элемента и диапазон его хода (от $S_{\min} = 50$ мм до $S_{\max} = 150$ мм), темп стрельбы 600–1000 выстр./мин, объем магазина – до 30 патронов. При этом авторы ориентировались на данные литературы, приводимые для АК-47 и некоторых других изделий [11, 12], имея при этом в виду, что характеристики большинства современных автоматов и пистолетов-пулеметов будут сопоставимы с приведенными. Также учитывались требования ОСТ, согласно которым погрешность измерения скорости не должна превышать 10 %.

Темп стрельбы для автоматов и пистолетов-пулеметов в режиме непрерывной стрельбы 600–1000 выстрелов/мин, т. е. 10–17 выстрелов/сек. При емкости стандартного магазина в 30 патронов получаем время израсходования боеприпасов при непрерывной стрельбе 1,8–3 сек.

Минимальное время перемещения подвижного элемента стрелкового оружия между крайними положениями будет наблюдаться при максимальной скорости и минимальной длине хода и будет составлять t_{\min} , которое находится по формуле

$$t_{\min} = \frac{S_{\min}}{v_{\max}} = \frac{0,05 \text{ м}}{10 \text{ м/с}} = 0,005 \text{ сек.} \quad (1)$$

Исходя из указанной максимальной погрешности измерения скорости (10 %) погрешность оценки времени δ_t также не должна превышать 0,1; тогда эта величина должна составлять не более половины времени между кадрами, т. е. за минимальное время перемещения необходимо успеть сделать по меньшей мере $K = 5$ кадров. Вообще при оценке необходимой частоты f съемки видеокамеры целесообразно учитывать минимальное время срабатывания затвора конкретной модели [13], но в данном случае для грубой оценки f воспользуемся

формулой (2), используя результаты, полученные с использованием формулы (1) при расчете t_{\min} :

$$f = \frac{K}{t_{\min}} = \frac{5 \text{ кадр}}{0,005 \text{ сек.}} = 1000 \text{ кадр/сек.} \quad (2)$$

Ограничим долю погрешности, вносимой при оценке величины перемещения, в 0,02 от общей погрешности, тогда на 1 мм должно приходиться не менее N пикселей согласно расчетам, проведенным по формуле (3). При этом будем считать, что инструментальная погрешность оценки расстояния с помощью видеокамеры Δx не превышает 0,5 пикселя (при этом будем пренебрегать различными оптическими aberrациями, присущими видеокамерам вообще и высокоскоростным, в частности [14]):

$$N = \frac{\Delta x}{0,02\delta_t \times S_{\min}} = \frac{0,5 \text{ пикселей}}{0,02 \times 0,1 \times 50 \text{ мм}} = 5 \text{ пикселей.} \quad (3)$$

Исходя из максимальной величины перемещения видимого элемента $S_{\max} = 150$ мм разрешение по большей стороне должно составлять не менее $N \times S_{\max} = 750$ пикселей.

Выбор интерфейса управления и передачи данных

Согласно требованиям безопасности (ГОСТ Р 50529–2015, ГОСТ Р 52212–2004) помещение, в котором проводятся испытания стрелкового оружия, должно соответствовать ряду предъявляемых к нему требований, среди которых обеспечение физической (и экологической) безопасности людей, находящихся как внутри, так и снаружи тира (помещения).

В связи с этим рабочее место оператора, осуществляющего анализ данных с высокоскоростной видеокамеры, целесообразно располагать вне тира (помещения), где будет находиться анализируемый объект и высокоскоростная видеокамера. С этой целью нужно использовать кабельную линию связи.

Имеет смысл рассматривать Gigabit Ethernet в качестве интерфейса, определяющего методы передачи изображений и способы передачи управляющих сигналов между камерой и персональным компьютером. Преимуществами его использования являются: широкая полоса пропускания (что позволит передавать в компьютер даже несжатые данные от видеокамеры в режиме реального времени), простота подключения, возможность использования кабельных линий связи длиной до 100 м.

Так как на любом современном компьютере или ноутбуке есть порты Gigabit Ethernet (GigE), то отпадает необходимость в использовании фрейм-грабберов (высокопроизводительных плат видеозахвата, отличительной особенностью которых является обработка данных с высокой степенью синхронизации для обеспечения необходимой пропускной способности) и специальных кабелей для работы со скоростной видеокамерой.

Проведение эксперимента

Схема проведения эксперимента приведена на рисунке 1.

В качестве объекта исследования выступает стрелковое оружие (автомат Калашникова), закрепленное в баллистическом станке. Видеокамера закреплена на штативе и направлена на объект исследования. При помощи соответствующего оборудования производится освещение объекта исследования. Для связи высокоскоростной видеокамеры с персональным компьютером задействован интерфейс Gigabit Ethernet. На персональном компьютере (ноутбуке) установлено ПО Tracker 5.1.5 (<https://physlets.org/tracker/>), обладающее всеми необходимыми функциями обработки видеофрагментов (рис. 2).



Рис. 1. Схема проведения эксперимента

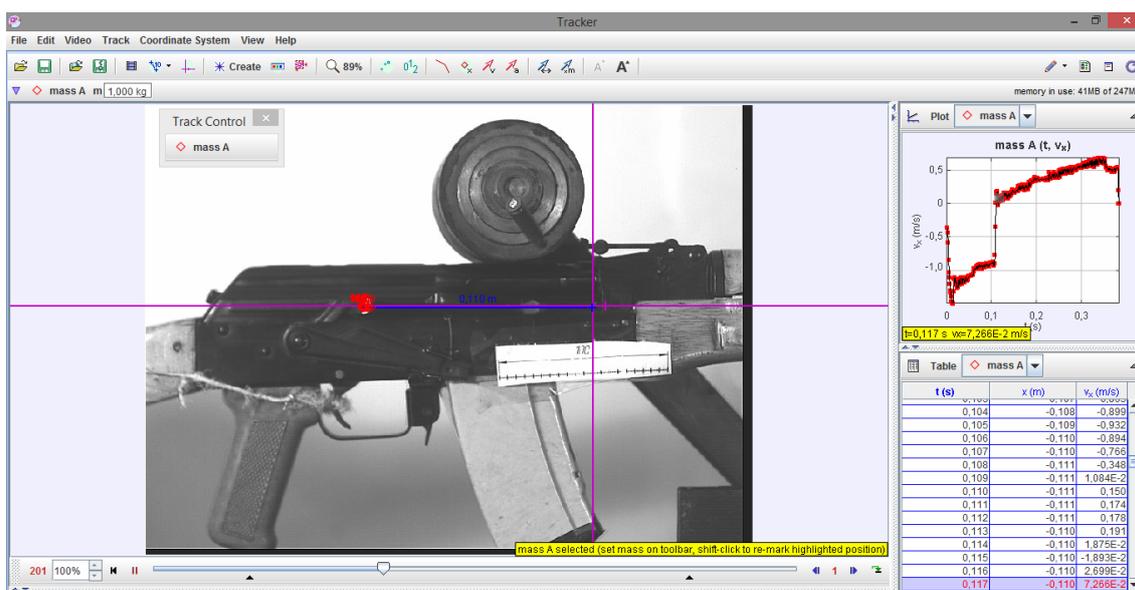


Рис. 2. Использование программы Tracker 5.1.5

На рисунке 3 представлена полученная велограмма (график зависимости скорости от времени).

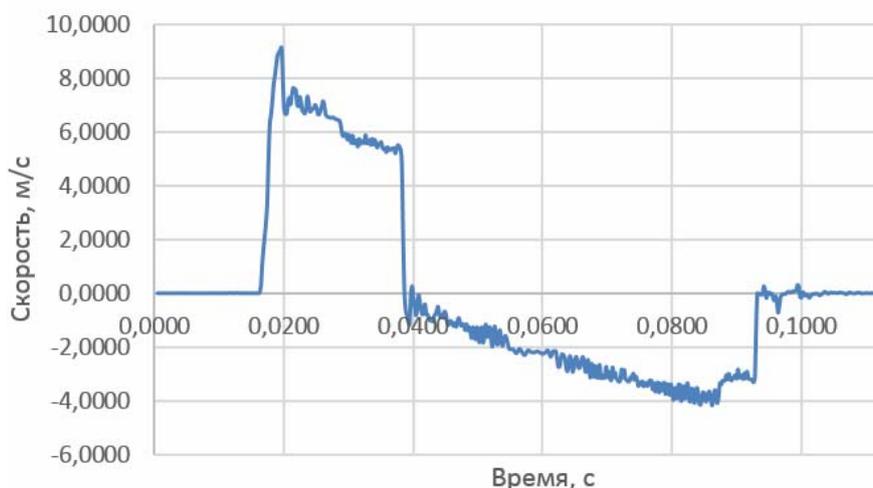


Рис. 3. График изменения скорости

Полученные результаты достаточно хорошо соответствуют данным специализированной литературы [2].

Необходимо отметить, что для создания полноценной измерительной системы необходима разработка собственного ПО, которое позволило бы получать результат непосредственно по окончании процесса испытания.

Выводы

В статье продемонстрированы основные принципы расчета необходимых характеристик высокоскоростной видеокамеры для системы оценки параметров движущихся частей стрелкового оружия. Проведенный эксперимент подтверждает правильность выполненных расчетов.

Список использованных источников

1. Шкворников, П. Н. Экспериментальная баллистика / П. Н. Шкворников, Н. М. Платонов. – Москва : Оборонгиз, 1953. – 392 с.
2. Теория и расчет автоматического оружия / В. М. Кириллов, А. К. Голомбовский, Д. К. Девятьяров [и др.]. – Пенза : Изд-во ПВАИУ, 1973. – 493 с.
3. Петухов, К. Ю. Алгоритмы обработки аналоговых сигналов при цифровых измерениях в информационно-измерительных системах для стрелкового оружия : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2003.
4. А. с. 1737345 СССР, МКИ G 01 P 3/64. Устройство для измерения скорости перемещения объекта / Михайлов А. А. (СССР). Опубл. 30.05.92. Бюл. № 20.
5. Пат. 2223505 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 P 3/68. Устройство для измерения перемещения, скорости, ускорения и темпа движения объекта / Веркиенко Ю. В., Казаков В. С., Петухов К. Ю., Афанасьев А. Н.; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УрО РАН № 2002116945/28 ; заявл. 24.06.02 ; опубл. 10.02.04.
6. Вдовин, А. Ю. Современная автоматизированная система для оценки скорости перемещения затвора стрелкового оружия / А. Ю. Вдовин, Е. М. Марков,

И. Г. Корнилов // Интеллектуальные системы в производстве. – 2017. – № 3. – С. 82–87. DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-82-87.

7. Высокоскоростные камеры EVERCAM – URL: <http://www.mega-nk.ru/ftpgetfile.php?module=files&id=73> (дата обращения: 26.02.2021 г.)

8. Информационно-измерительный комплекс для исследования процессов плавления и переноса электродного металла при дуговой сварке / С. В. Болотов, А. В. Хомченко, А. В. Шульга, Е. Л. Болотова // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2020. – № 6 (91). – С. 4–11. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-6-4-11.

9. Орлов, М. Ю. К пробитию однородных и двухслойных стальных пластин с ударником с закругленной головной частью / М. Ю. Орлов, Г. Н. Богомоллов // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики – 2017 : международная молодежная научная конференция. – 2018. – С. 310–312.

10. Оптические исследования динамики развития водяной струи высокого давления / И. А. Знаменская, Д. А. Нерсесян, Н. Н. Сысоев, Е. Ю. Коротеева, Я. Н. Ширшов // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2016. – № 4. – С. 68–75.

11. Чумак, Р. Н. Казалось бы, мелочи / Р. Н. Чумак // Калашников. Оружие, боеприпасы, снаряжение. – 2010. – № 3. – С. 14–20.

12. Бабак, Ф. К. Стрелковое оружие России / Ф. К. Бабак ; под ред. Л. Е. Голода. – Москва : АСТ; Санкт-Петербург : Полигон, 2010. – 464 с.

13. Чирков, Д. В. К вопросу определения характеристик движения объекта на основе высокоскоростной видеосъемки / Д. В. Чирков, Е. А. Федорова // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 53–63. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-1-53-63.

14. Писарев, С. А. Анализ аберраций и способов минимизации их влияния на результаты исследований быстропротекающих динамических процессов с использованием видеокамеры высокоскоростной съемки / С. А. Писарев, Д. В. Чирков, Е. А. Федорова // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 6–15. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-4-6-15.

В. Е. Пухарев, старший преподаватель
М. А. Семенцов, студент, oii00o@yandex.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Проект компактной снайперской винтовки

Предложен проект компактной снайперской винтовки, сочетающей в себе огневые возможности и эргономику снайперских винтовок в классической компоновке с малыми габаритами и массой винтовок в компоновке «булл-пап». За счет принятых компоновочных и конструктивных решений удалось добиться существенного снижения общей длины винтовки даже по сравнению с конкурентами в компоновке «булл-пап», при этом устранены или в значительной степени нивелированы их недостатки.

Ключевые слова: снайперская винтовка, компоновка «булл-пап», компактная винтовка.

Введение

В данный момент большинство операций (контртеррористические, полицейские, разведывательно-поисковые), проводимых силовыми структурами и спецподразделениями, проходят в городских условиях либо в труднопроходимой местности (горы, лесные массивы).

Требования к высокому убойному действию и точности приводят к росту массогабаритных характеристик систем в классической компоновке, и применение таких систем в стесненных условиях городской местности затруднено.

В труднопроходимой местности бой ведется значительно реже, но на первый план выходит транспортабельность оружия, определяемая компактностью, массой укомплектованного оружия и массой боекомплекта.

Для таких задач требуется компактное оружие с огневыми возможностями и эргономикой полноразмерного.

В настоящее время снайперы силовых структур и подразделений используют в основном магазинные снайперские винтовки в классической компоновке под патрон .338 Lapua Magnum.

Характеристики некоторых образцов приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в среднем современная магазинная снайперская винтовка в классической компоновке под патрон .338 Lapua Magnum имеет длину ствола около 690 мм, общую длину около 1250 мм и массу в неснаряженном состоянии около 6,3 кг. Такие массогабаритные характеристики затрудняют ее использование в городских условиях и транспортировку.

Таблица 1. Характеристики современных снайперских винтовок под патрон .338 Lapua Magnum

Образец (страна-производитель, страны-эксплуатанты)	Длина ствола, мм	Длина винтовки в боевом/ походном положении, мм	Масса* ¹ , кг	Вместимость магазина, патр.	Компоновка
Remington MSR (США) [1]	686	1295/1041	> 6,00	5	Классическая
SAKO TRG M10 (Финляндия) [2]	689	1217/969	6,50	8	Классическая
AI AXMC (Великобритания) [3]	686	1250/1040	6,80	10	Классическая
ORSIS SE T-5000 / «Точность» (Россия) [4]	700	1297/1028	6,00	5	Классическая
Barrett MRAD/Mk22 (США) [5]	660	1257/1057	6,60	10	Классическая
DTA SRS-A1 (США) [6]	660	1000	4,94	6	«Булл-пап»

Примечание: *¹ Без оптического прицела, сошек, с неснаряженным магазином, если не указано иное

Особое внимание следует уделить последнему образцу – винтовке Desert Tactical Arms Stealth Recon Sniper A1 (DTA SRS-A1) в компоновке «булл-пап», так как она наиболее удовлетворяет современным потребностям (рис. 1).



Рис. 1. Винтовка DTA SRS A1 с глушителем, сошками и оптическим прицелом (вид слева спереди)

В 2013 г. винтовка принимала участие в конкурсе Precision Sniper Rifle на новую снайперскую винтовку командования специальных операций ВС США (US SOCOM), то есть была оценена военными наравне с винтовками классической компоновки, однако, в конкурсе проиграла винтовке классической компоновки Remington MSR.

К достоинствам винтовки можно отнести: малые габариты (общая длина 1000 мм при длине ствола 660 мм) и вес (менее 5 кг), вывешенный ствол, наличие необходимых регулировок (длина приклада, высота затылка, высота щеки, усилие спуска), наличие длинной планки в верхней части для установки оптических прицелов и предобъективных насадок, наличие посадочных мест под планки на боковой поверхности цевья [6].

Недостатки винтовки являются следствием применения компоновки «булл-пап»: тугий и малоинформативный спуск из-за наличия длинной спусковой тяги и значительного усилия боевой пружины; неудобная смена магазина, так как кнопка выброса магазина расположена у плеча стрелка; неудобное перезаряжание, так как рукоятка перезаряжания расположена далеко за рукояткой управления огнем; неудобство и травмоопасность обращения с винтовкой для стрелка-правши при стрельбе с левого плеча, и наоборот, так как в таком положении выброс гильз происходит прямо в щеку стрелку, и голова стрелка находится на пути рукоятки взведения; щека винтовки расположена только с одной стороны; невозможность быстрой настройки длины приклада, так как она осуществляется путем установки дополнительных деталей; невозможность быстрой настройки высоты щеки, так для этого требуется инструмент; малая прочность пластиковой пустотелой ложи и не в полной мере реализованные возможности по сокращению длины, так как в крайнем заднем положении подвижные части занимают много места (примерно равное длине патрона) перед плечом [6].

Цель проекта

Спроектировать винтовку с длиной ствола не менее 660 мм и общей длиной не более 900 мм (при полностью сдвинутом прикладе), сохраняющую все достоинства прототипа, но лишенную его недостатков.

Это возможно сделать, применив новые компоновочные и конструктивные решения.

Обоснование принятых компоновочных и конструктивных решений

Для обеспечения минимальной длины требуется уменьшить длину ствольной коробки. Так как при компоновке «булл-пап» ствольная коробка должна быть закрытой сверху и сзади, то ее длина складывается из длины узла крепления ствола, узла запираения, участка подачи и досылания, перебега за магазин, длины подвижных частей в крайнем заднем положении и длины узла крепления приклада. Все эти размеры напрямую влияют на работоспособность винтовки, кроме длины подвижных частей в крайнем заднем положении. Эта длина зависит от типа узла запираения, ударного механизма и наличия автоматики.

Так как проектируемый образец не является самозарядным, то габаритные размеры подвижных частей будут определяться только требованием к прочности и типом ударного механизма. Для обеспечения минимальной длины подвижных частей применен оригинальный ударный механизм куркового типа, вынесенный в ложу, отличный от классических, описанных, например, в [7].

Для отказа от спусковых тяг, присущих аналогам в компоновке «булл-пап», курковый механизм оснащен вторым плечом, к которому прикреплен

система тяг кривошипно-шатунного типа, это решение позволило вынести зацеп курка в спусковой механизм.

Схема ударного механизма приведена на рисунке 2.

В систему тяг введен автоматический предохранитель от выстрела при незапертом стволе (рис. 3).

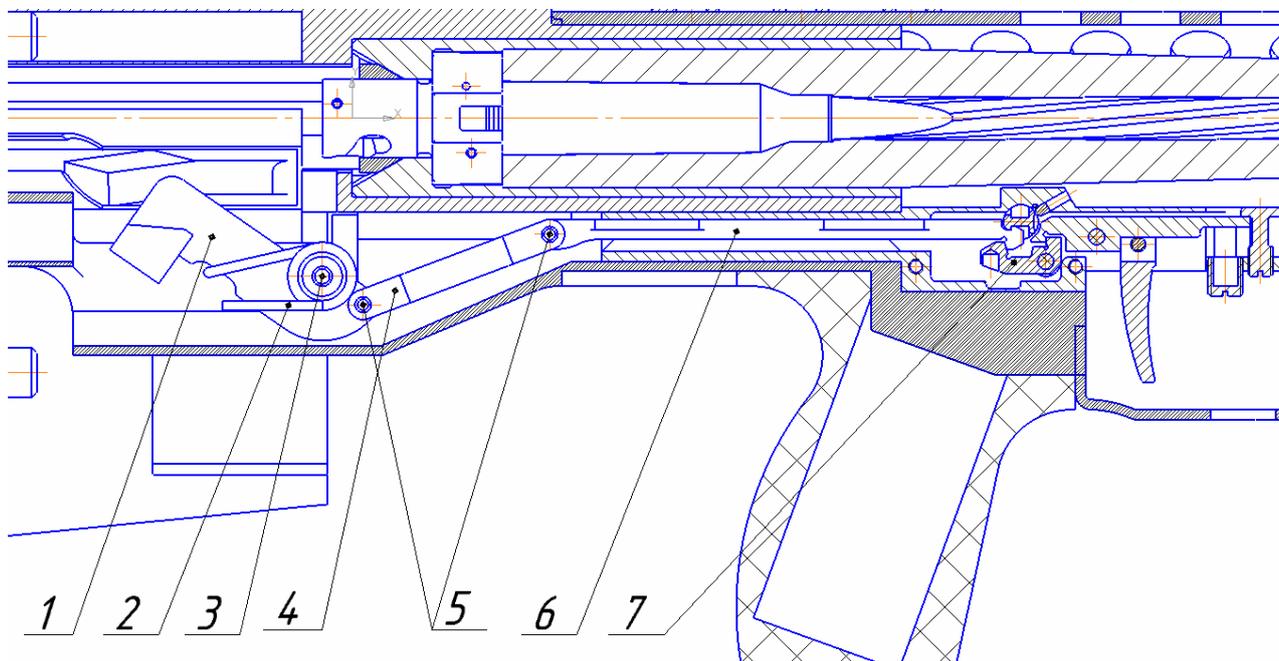


Рис. 2. Ударный механизм спроектированного образца:
1 – курок; 2 – боевая пружина; 3 – ось курка; 4 – тяга; 5 – оси; 6 – зацеп; 7 – шептало

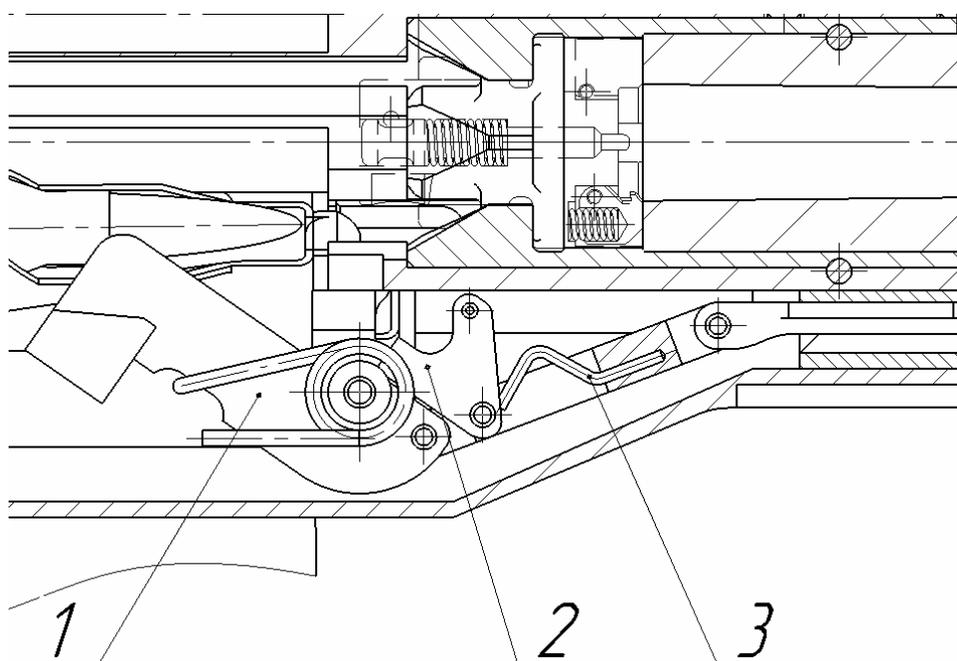


Рис. 3. Курок на шептале автоматического предохранителя:
1 – курок; 2 – рычаг автоматического предохранителя; 3 – пружина рычага

Для размещения ударного механизма ближе к казенному срезу однорядный коробчатый магазин на 5 патронов расположен за рукояткой управления огнем слева под углом 45 градусов вниз (рис. 4).

С противоположной от магазина стороны расположено окно выброса гильз, выброс осуществляется вправо вниз. Расположение магазина можно поменять, переставив несколько деталей, при этом направление выброса гильз будет осуществляться в другую сторону.

Для повышения чувствительности и обеспечения плавной работы спуска спусковой механизм работает по схеме самовыжима шептала, от стрелка требуется лишь освободить шептало при нажатии спускового крючка, после чего курок под действием боевой пружины самостоятельно уберет шептало с пути зацепа, так как поверхность контакта зацепа и шептала выполнена наклонной.

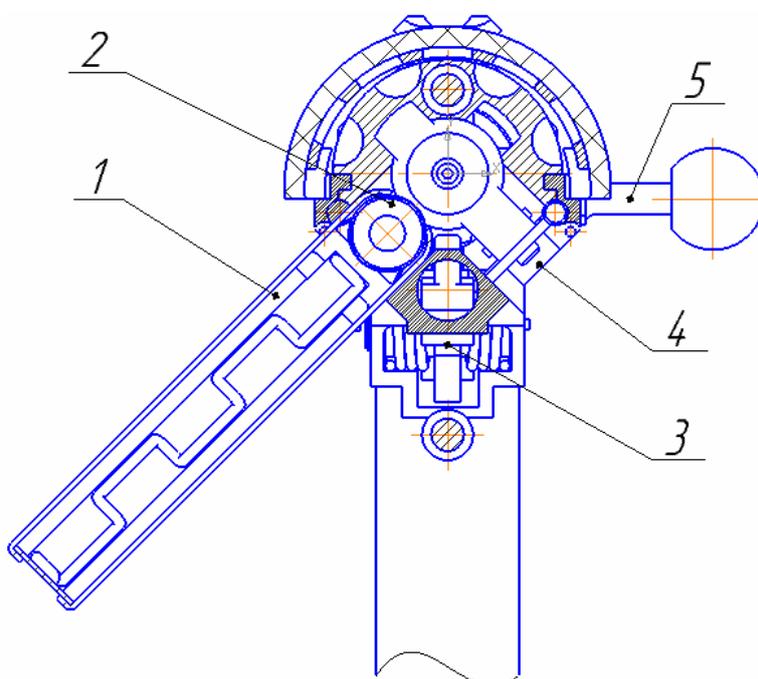


Рис. 4. Схема расположения магазина и ударного механизма: 1 – магазин; 2 – патрон на линии досылания; 3 – курок; 4 – окно выброса гильз; 5 – рукоятка взведения

Для сохранения огневой мощи прототипа в винтовке установлен ствол-моноблок с простым наружным контуром с 6 нарезами, скрепленный с вкладышем в казенной части, что позволит в дальнейшем менять используемые патроны.

Для придания жесткости силовой конструкции ствольная коробка выполнена стальной в отличие от алюминиевой на прототипе, в нее устанавливается ствол с вкладышем и тяги приклада.

Запирание ствола осуществляется поворотом затвора на 4 боевых упора, поворот осуществляется ведущим пальцем на затворной раме.

Удобство взведения обеспечено схемой взведения поступательным движением (straight-pull) с помощью рукоятки, вынесенной вперед выше спусковой скобы.

Отражатель пружинный, расположен в затворе.

Неавтоматический предохранитель флажкового типа расположен над рукояткой управления огнем и может переставляться на обе стороны независимо от направления выброса гильз.

Имеются регулировки положения затылка по длине и высоте, высоты и выноса щеки, усилия, хода и положения спускового крючка.

В результате была спроектирована компактная магазинная снайперская винтовка в компоновке «булл-пап», для которой выполнены: расчеты внешней и внутренней баллистики, кинематические, силовые и прочностные расчеты основных узлов (ствола, запирающего, ударного, спускового, подающего) по методикам, изложенным в [8] и полная 3D-модель в САПР «Компас 3D» по методике, приведенной в [9]. На рисунке 5 представлен внешний вид и характеристики спроектированного образца.



Рис. 5. Общий вид спроектированного образца

Вывод

Спроектированная снайперская винтовка при длине ствола 660 мм имеет общую длину при полностью сдвинутом затыльнике 875 мм (на 12,5 %, короче ближайшего аналога), при этом не имеет спусковых тяг, имеет настраиваемую без применения инструмента эргономику, близкую к эргономике винтовок в классической компоновке, удобное расположение органов управления, повышающее практическую скорострельность, возможность простой переделки под стрельбу с левой и правой руки, допускает стрельбу из нестандартных положений за счет выброса гильз под углом вниз.

Список использованных источников

1. MSR (Сайт производителя Remington). – URL (архив): <https://web.archive.org/web/20120716042859/http://www.remingtonmilitary.com/RemingtonMilitary/Firearms/Sniper%20Rifles/MSR.aspx> (дата обращения: 03.04.2021).

2. TRG M10 (Сайт производителя SAKO). – URL: <https://www.sako.fi/rifles/sako-trg/trg-m10> (дата обращения: 03.04.2021).
3. AXMC Rifle User Manual (Руководство по эксплуатации к винтовке AI AXMC). – URL: <http://www.accuracyinternational.us/wordpress1/wp-content/uploads/2015/01/AI-15591-01A-USER-MANUAL-AXMC.pdf> (дата обращения 03.04.2021).
4. ORSIS SE T-5000 (Сайт производителя ORSIS). – URL: <http://orsis.com/production/product/202/#> (дата обращения 03.04.2021);
5. MRAD Operator's Manual (Руководство по эксплуатации к винтовке Barrett MRAD). – URL: <https://barrett.net/wp-content/uploads/2020/12/MRAD-Operators-Manual-18697.pdf> (дата обращения 03.04.2021).
6. SRS-A1 Owner's Manual (Руководство по эксплуатации к винтовке DT SRS-A1). – URL: https://deserttech.com/media/download/SRS-A1_Manual.pdf (дата обращения 03.04.2021)
7. Ударные и спусковые механизмы автоматического стрелкового оружия / В. И. Бакалов [и др.]. – Москва : Информтехника, 1992. – 144 с.
8. *Алферов, В. В.* Конструкция и расчет автоматического оружия. – Москва : Машиностроение, 1977. – 248 с.
9. *Ганин, Н.* Проектирование и прочностной расчет в системе КОМПАС-3D. – Litres, 2017. – 320 с.

Е. А. Риффель, студент, katyriffel@mail.ru
В. Ю. Иштубаева, студент
А. А. Данилова, ст. преподаватель, aa_danilova@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

«Умный подъезд»

Анализируются проблемы безопасности за 2020 г. в городе Ижевск и удобства пользования подъездом жильцов многоквартирных домов. Рассматривается устройство обычного подъезда и выявляются его недостатки. Описывается высокотехнологическая система «умный подъезд», обеспечивающая повышенный комфорт и безопасность жильцов дома. Изложен план и стоимость внедрения в новые многоквартирные дома города Ижевск.

Ключевые слова: концепция «умный подъезд», повышение безопасности и комфорта жильцов, многоквартирный дом, система распознавания лиц, чрезвычайные ситуации, мусорный бак с датчиком.

Введение

«Умный подъезд» – высокотехнологическая система, которая обеспечивает безопасность и комфорт для всех жильцов дома.

Концепция «умный подъезд» включает в себя:

- пропускную систему, работающую с помощью технологии распознавания лиц;
- уведомление жильцов о чрезвычайном происшествии в подъезде через домофон в квартире;
- уведомление жильцов о входе в подъезд человека, проживающего с ними в одной квартире;
- вызов спасательных служб через домофон;
- лифт с автоматическим вызовом на первый этаж при открытии дверей домофона;
- почтовый ящик с датчиком, который уведомляет о получении бумажной почты с помощью приложения;
- мусорный бак с датчиком, который уведомляет службы вывоза мусора о наполненности бака.

Домофон с системой распознавания лиц уже был внедрен в новые жилищные комплексы Москвы (рис. 1) и успешно используется. Также в некоторых районах Москвы и Санкт-Петербурга используется система вызова спасательных служб через домофон. Для этого домофон не меняют на новый, а добавляют дополнительную услугу в старый. Пользуясь опытом подобных тестовых проектов, можно реализовать систему «умный подъезд».

Реализация системы «умный подъезд» в Ижевске

Целью данного проекта в Ижевск является повышение безопасности и комфорта жильцов, упрощенный способ попадания в подъезд и квартиру, облегчение вызова служб спасения за счет автоматического определения адреса исходящего звонка, создание системы уведомления жильцов о поступлении писем в почтовый ящик и создание способа уведомления службы вывоза мусора о необходимости выполнения своей работы.

Рассматривая Ижевск как инфраструктуру можно сделать вывод, что безопасность жителей многоквартирных домов находится на среднем уровне [4]. В подъезд может попасть любой человек, в том числе преступник. Также непредсказуемо место чрезвычайного происшествия, а для вызова спасательных служб необходимо знать адрес. Все эти проблемы необходимо решить, чтобы сделать проживание комфортнее и безопаснее.

Довольно часто люди сталкиваются с такой проблемой, как пребывание посторонних людей в подъезде. Эту проблему разрешит система распознавания лиц, встроенная в домофон (рис. 2). Жильцов дома она автоматически находит в базе данных и посылает сигнал домофону, он открывается [2]. Если в домофон звонит посторонний человек, камера записывает его лицо с указанием времени и даты. Вся информация хранится в облаке, получить доступ к ней можно в любое время. В случае, если это был злоумышленник, его можно будет вычислить по фото и видео. Если в подъезд заходит человек из вашей квартиры, домофон, находящийся в квартире, уведомит вас об этом при помощи звукового сигнала. Также домофон можно открыть с помощью приложения на телефоне. В нем будет отображаться картинка с камеры на домофоне, что упростит пропуск людей в подъезд.



Рис. 1. Пример домофона с функцией распознавания лиц



Рис. 2. Пример домофона с функцией вызова спасательных служб и функцией распознавания лиц

Никто не застрахован от чрезвычайных ситуаций [1]. Они могут произойти где угодно, а человек не всегда знает точный адрес своего местонахождения. Чтобы решить эту проблему достаточно добавить в домофон функцию вызова служб спасения. При вызове их через домофон, они автоматически получают адрес вашего местоположения, при этом домофон всегда находится в доступном месте, а телефон можно забыть или на нем может закончиться заряд аккумулятора. Если же чрезвычайная ситуация произошла в подъезде, например пожар, датчики дыма зафиксируют возгорание, и в каждую квартиру поступит звуковой сигнал на домофон, помимо обычной сигнализации. Если же датчики дыма в квартире отсутствуют, то единственным сигналом о чрезвычайной ситуации будет домофон.

В сложившейся в мире ситуации с Covid-19 опасно соприкосновение с местами общего пользования, например, с кнопкой лифта. Также неудобно вызывать лифт с занятыми руками. Все это поможет решить наша система. Через домофон в лифт поступает сигнал о том, что человек заходит в подъезд, и лифт автоматически опускается на первый этаж. Это поможет сократить время попадания в квартиру и повысит комфорт жильцов [3].

В домах Ижевска также есть проблема переполнения мусорных баков. Мусор вывозят не чаще раза в неделю, однако, мусорный бак может заполниться и за пару дней. Мы смогли найти решение этой проблемы, разработав мусорный бак с датчиком. Мы будем использовать ультразвуковой датчик для измерения расстояния. Изначально датчик фиксирует расстояние от одной стенки до другой. При заполнении контейнера выше верхней точки его стенки, расстояние уменьшится, так как мусор заполнит пространство. Таким образом, будет зафиксировано переполнение контейнера, датчик отправит сигнал службам вывоза мусора, уведомляя их о необходимости выполнения своей работы.

Письма, извещения, квитанции приходят не в определенный день недели, а по мере поступления на почту. В связи с этим возникает проблема несвоевременного получения писем. Людям неудобно каждый день следить за своим почтовым ящиком. Установив датчик движения в каждый почтовый ящик, можно решить эту проблему. При срабатывании датчика приходит уведомление в приложении, и каждый житель подъезда будет вовремя извещен о приходе почты.

Для реализации нашей идеи необходимо на один стандартный дом (10 этажей, 5 подъездов, по 3 квартиры на этаже):

- одна камера видеонаблюдения на вход в дворовую территорию дома и по одной камере на каждый подъезд;
- компьютер в каждый подъезд, который находится у консьержа;
- программа и техническое оснащение для лифта;
- программа распознавания лиц и лицензия на нее;
- датчики движения для каждого почтового ящика;
- датчик для мусорного контейнера;
- приложение для телефона, связанное с домофоном и датчиком на почтовом ящике.

В сумме затраты на один дом составляют около 723 тыс. руб. Все оборудование необходимо менять раз в 10 лет. Таким образом, стоимость 1-й квартиры из 150 в доме повышается на 5 тыс. руб. Ежемесячная оплата за домофон в обычном доме составляет 50 руб., а с нашей модернизацией стоимость в месяц повысится на 46 руб. с одной квартиры. Стоимость повышается незначительно, но комфорт и безопасность жильцов выходят на новый уровень. Нашу идею можно внедрить во время постройки нового многоквартирного дома, либо дорабатывая обычный подъезд.

Заключение

Датчики дыма в подъезде, домофон с функцией распознавания лиц и домофон в квартире, камеры видеонаблюдения, лифт, мусорный контейнер с ультразвуковым датчиком, почтовые ящики с датчиками движения – все это мы объединили в систему «умный подъезд».

Включение системы «умный подъезд» в новый многоквартирный дом позволит создать комфортные и безопасные условия для жильцов на высшем уровне.

Список использованных источников

1. *Биктимирова*. Социально-экономическая безопасность в регионе // Экономика региона. Институт экономики УрО РАН, 2007. – С. 193–194.
2. *Барашко, Е. Н.* Современные решения идентификации человека. Распознавание лиц // The Scientific Heritage. – 2019. – С. 40–42.
3. *Антоневич, А. И.* Анализ современных конструкций лифтов и тенденций их развития // Наука и техника. – 2010. – С. 18–20.
4. Сведения о деятельности следственного управления Следственного комитета Российской Федерации по Удмуртской Республике за январь – декабрь 2020 года. – URL: <https://udm.sledcom.ru/folder/875562/item/1536233/> (дата обращения: 28.03.2021).

Д. А. Рябова, магистрант, dasha.ryabova@list.ru

Н. А. Русских, магистрант

Р. О. Шадрин, кандидат технических наук, доцент

А. В. Шаламова, кандидат педагогических наук, доцент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Обучение безопасности труда в рамках технологии модульного обучения с использованием мобильного приложения*

Работа посвящена актуальной теме – возможности использования современных методов модульного обучения и информационно-коммуникационных технологий в процессе изучения норм и правил безопасности труда. Рассматривается метод модульного обучения и понятие «графический конструктор» как ключевые моменты, лежащие в основе взаимодействия пользователя и мобильного приложения. Приводится краткий обзор поэтапного создания мобильного приложения с использованием графического конструктора APPSFERA.

Ключевые слова: дистанционное обучение, охрана труда, обучение по охране труда, модульное обучение, мобильное приложение, конструктор мобильных приложений.

Введение

На каждом предприятии или организации, в том числе образовательной, должны быть приняты меры по обучению работников нормам и правилам охраны труда. В первую очередь эти занятия должны быть направлены на снижение уровня производственного травматизма, повышение качества знаний в области охраны труда, формирование навыков действий в чрезвычайных и экстренных ситуациях.

ГОСТ 12.0.004–2015 определяет способы обучения безопасности труда, согласно которым рекомендуется сочетать традиционные методы обучения с современными методами модульного и накопительного обучения, использованием образовательных компьютерных программ, средств дистанционного обучения, средств визуализации и других информационных технологий обучения [1].

Поэтому мы предполагаем, что если обучать безопасности труда с использованием интерактивных методов, модульного обучения, компьютерных технологий, эффективность процесса обучения повысится.

Модульная система обучения

Под модульным обучением мы понимаем такой тип обучения, при котором информационный учебный материал будет разделен на отдельные содержательно-тематические блоки – модули [2. С. 54].

© Рябова Д. А., Русских Н. А., Шадрин Р. О., Шаламова А. В., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в рамках научного проекта № ШРО/20-86-11.

Модульная система обучения – это полезный инструмент, который используется в учебном процессе, является удобным, наглядным и эффективным средством подачи объемной информации для различных категорий обучаемых. Модульная система структурирования учебного материала позволяет обучающемуся самостоятельно в удобное для себя время изучить материал, при этом он сам определяет для себя темп и временные рамки обучения.

С другой стороны, система позволяет систематизировать большой объем данных без потери качества усвоения информации. Неоспоримым преимуществом является и то, что обучающийся может оценить эффективность обучения сразу, пройдя тестирование в конце темы.

Как и любая система, модульное обучение имеет недостатки, а именно:

- требует повышенной концентрации обучаемого;
- является непривычным форматом обучения, так как некоторым проще пройти традиционное обучение, не требующее системной самостоятельной работы;
- нет возможности получить консультации по теме.

Модули представляют собой набор теоретических брошюр, включающих разделы по анализу нормативной базы по теме, информацию по теме с иллюстрациями и таблицами, а также контрольные вопросы для тестирования и проверки знаний.

Каждая из тем модуля имеет подтемы для более глубокого изучения.

Структура подтем модуля:

- титульный лист;
- цели: указано, что будет изучено после этого раздела;
- нормативно-правовая база для изучения раздела;
- термины и определения;
- теоретическая часть;
- контрольные вопросы;
- ответы на контрольные вопросы.

Обучение с использованием компьютерных технологий

Перевод текстовых материалов в современную форму обучения с использованием компьютерных технологий, а именно в мобильное приложение, позволяет проводить обучение в любое время и в любом месте, а в дальнейшем освежить свои знания при необходимости.

После изучения теоретического материала с помощью мобильного приложения можно пойти тестирование, и его результат отобразится автоматически без проверки человеком.

Мобильное приложение для системы Android можно создать двумя способами:

- 1) разработка приложения с помощью языков программирования;
- 2) создание мобильного приложения с помощью конструктора.

Второй способ является более простым, а также позволит сэкономить время. Приложение по обучению и проверке знаний с помощью конструктора можно упростить по функциональности без снижения качества обучения.

Графические конструкторы – это редакторы, которые позволяют быстрее и проще создавать приложения; они могут работать сразу в двух направлениях – коды и графика.

Выбор конструктора зависит от целей, средств и от того, какую информацию необходимо донести до пользователя мобильного приложения.

Создание мобильного приложения

Для создания приложения был выбран конструктор APPSFERA. Это полноценный конструктор для создания простых приложений, не требующий знаний в области программирования; имеет понятный интерфейс; позволяет создать бесплатно хотя бы демоверсию; приложение адаптировано как для Android, так и для Ios; есть возможность за дополнительную плату создать приложение с уникальным дизайном [3].

На первом этапе создания мобильного приложения необходимо наличие самой системы модульного обучения нормам и правилам безопасности труда в электронном текстовом виде. Также необходимы контрольные вопросы и ответы либо тестовые задания.

Следующим шагом будет создание структуры (тела) приложения с помощью APPSFERA. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте, чтобы создать личный кабинет.

На сайте есть функционал для создания домашней страницы и других частей приложения. А также сразу можно посмотреть, как будет выглядеть приложение на смартфоне.

Созданная структура включает в себя главную страницу приложения, затем отдельные темы модулей. Каждая тема содержит сами модули, объединенные в большой модуль. Структура создается через раздел «функции» (изображения, папки, страницы, ссылки, меню, видео, аудио и другое).

После главной страницы, необходимо добавить новые функции, например папки. Здесь будут отображены главные темы. Затем в каждую папку необходимо добавить модули с помощью функции «страницы». На каждой такой странице добавлена текстовая информация, картинки по теме или видео.

Для полноценного функционирования приложения, его можно дополнить Google-формами – это сервис, благодаря которому можно создавать и проводить опросы и собирать полученные данные в таблицу [4].

С помощью Google-форм организована тестовая часть каждого модуля, так как конструктор APPSFERA не подразумевает прямых функций для проверки знаний.

В каждую форму можно добавлять как текстовые вопросы, так и изображения. Можно сделать неограниченное количество ответов и установить необходимые параметры самого тестирования.

Готовый тест добавляется через функцию «ссылка» непосредственно на страницу модуля после теоретической информации.

Результатом всех пройденных этапов стало мобильное приложение с использованием модульной системы обучения нормам и правилам охраны труда, адаптированное под Android и iOS.

Заключение

Модульную форму обучения с применением мобильного приложения легко можно адаптировать под обучение студентов вузов при изучении дисциплин направления «Техносферная безопасность». Это позволит студентам самостоятельно осваивать грамотно подобранный материал с новейшей теоретической информацией, соответствующей актуальной нормативно-правовой базе и последним достижениям науки и практики.

Благодаря внедрению модульной системы обучения нормам и правилам безопасности труда достигается повышение уровня обученности разных категорий работников за счет нового подхода к обучению. Использование обучения при помощи мобильного приложения позволяет сделать процесс обучения более современным, доступным и автономным. Облегчается как самообучение, так и работа людей, занимающихся обучением безопасности труда.

Список использованных источников

1. Сравнительный анализ основных положений ГОСТ 12.0.004–2015 и ГОСТ 12.0.004–90 при организации обучения безопасности труда / Б. В. Севастьянов, Р. О. Шадрин, Р. В. Кубаев, С. А. Савкина // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2018. – № 1 (21). – С. 94–98.

2. *Севастьянов, Б. В.* Управление безопасностью труда : учеб. пособие для студ. вузов напр. подготовки «Техносферная безопасность», а также специалистов служб охраны труда промышленных предприятий, организаций малого и среднего предпринимательства : в 2 ч. / Б. В. Севастьянов, Е. Б. Лисина, Р. О. Шадрин ; под общ. ред. проф. Б. В. Севастьянова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ижевск : 2013. – Ч. II. Организация работы по охране труда. – 548 с. : ил.

3. APPSFERA конструктор мобильных приложений. – URL: <https://builder.appsfera.com/>

4. Google Формы. – URL:<https://docs.google.com/forms/>

П. А. Санников, студент, pavelcannikov2000@gmail.com
П. В. Лекомцев, кандидат технических наук
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Предпосылки к разработке системы управления шаговым электроприводом с обратной связью*

Сравниваются два режима управления шаговыми двигателями – векторный и импульсный, а также приводится анализ других способов управления с обратной связью: прямое управление крутящим моментом, управление при помощи нечеткой логики, управление с использованием нейронных сетей. Исходя из результатов имитационного моделирования систем управления шаговым двигателем с обратной связью и без нее показаны преимущества векторного управления.

Ключевые слова: гибридный шаговый двигатель, векторное управление, обратная связь, датчики.

Введение

Электроприводы на базе шаговых двигателей являются хорошо известным решением для многих промышленных и потребительских применений, в том числе роботов, станков с числовым управлением, 3D-принтеров. Такой тип двигателей обеспечивает высокий тормозящий момент, поэтому часто используется в решениях, где нужно изменять положение дискретными шагами, либо удерживать статическое положение.

Для управления шаговыми двигателями чаще всего используется импульсная модель без обратной связи. Она заключается в последовательной коммутации обмоток двигателя по заданному алгоритму, вследствие чего для нее характерны колебания при вращении ротора. Главным недостатком применения импульсной модели без обратной связи является накопительная ошибка угла поворота ротора [1]. Для повышения точности вращения вала и расширения границ применения ШД существует несколько подходов к управлению, которые объединяет использование датчиков обратной связи.

Векторное управление является одним из наиболее эффективных способов управления синхронными и асинхронными двигателями. Для его реализации необходимо осуществить переход от статической системы отсчета, связанной с фазами статора, к вращающейся системе отсчета, связанной с ротором, где создаваемый крутящий момент прямо пропорционален току одной из осей во вращающейся системе отсчета. Основными преимуществами векторного

© Санников П. А., Лекомцев П. В., 2021

* Работа выполнена при поддержке гранта для молодых ученых ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» ЛПВ/20-55-26.

управления является плавная работа двигателя и быстрые переходные процессы, близкие к двигателям постоянного тока [2].

Прямое управление крутящим моментом – это способ управления, который был первоначально использован в асинхронных двигателях [3]. Сначала магнитный поток в двигателе и крутящий момент оцениваются по измерениям напряжения и тока фаз, а затем применяется гистерезисное управление полосой ограничения, как для связи потока статора, так и для крутящего момента. Прямое управление крутящим моментом становится одним из стандартов в области высокодинамического управления двигателем переменного тока вместе с векторным управлением.

Наряду со стандартными решениями существуют несколько специфических способов управления.

Например, контроллеры с нечеткой логикой вычисляют время между импульсами коммутации обмоток, чтобы получить желаемую скорость [4]. Данный метод оказался весьма действенным, однако двигатель работает в импульсном режиме с его сопутствующими недостатками. Для управления двигателя по скорости наряду с нечеткой логикой используются нейронные сети [5]. Применяются сети для идентификации параметров шагового двигателя, а также для его управления по скорости. Данный способ управления требует внешнего компьютера или микроконтроллера, так как нейронные сети требуют больших вычислительных мощностей.

В статье сравниваются два способа управления гибридным шаговым двигателем 42-STH60-1206A – импульсное и векторное.

Сравнение импульсного и векторного управления гибридным шаговым двигателем

Математическая модель шагового двигателя и импульсный режим управления широко известны и описаны во многих работах [6–8]. Данный режим реализуется специальными драйверами, которые выпускаются в большом ассортименте по мощности и напряжению.

Векторный принцип управления основан на прямом и обратном преобразовании Парка [9]. Структурная модель векторного управления шаговым двигателем представлена на рисунке 1.

Модель обеспечивает управление угловой скоростью двигателя в соответствии с заданным цифровым сигналом ω_{ref} , который формируется программными средствами микроконтроллера. Функционально модель можно разделить на 4 части: регулятор скорости, регулятор токов dq , электропривод, датчик обратной связи – квадратурный энкодер. На вход регулятора скорости поступает сигнал обратной связи – угловая скорость ротора – и сравнивается с цифровым задающим сигналом ω_{ref} , преобразуя его в ток i_q . АЦП кодирует аналоговые сигналы i_A , i_B , и средствами микроконтроллера происходит переход в систему dq . Затем данные сигналы поступают в регулятор токов, выходными значениями которого являются сигналы u_q и u_d . После обратного преобразования Парка формируется ШИМ-сигнал, поступающий в двухфазный инвертор.

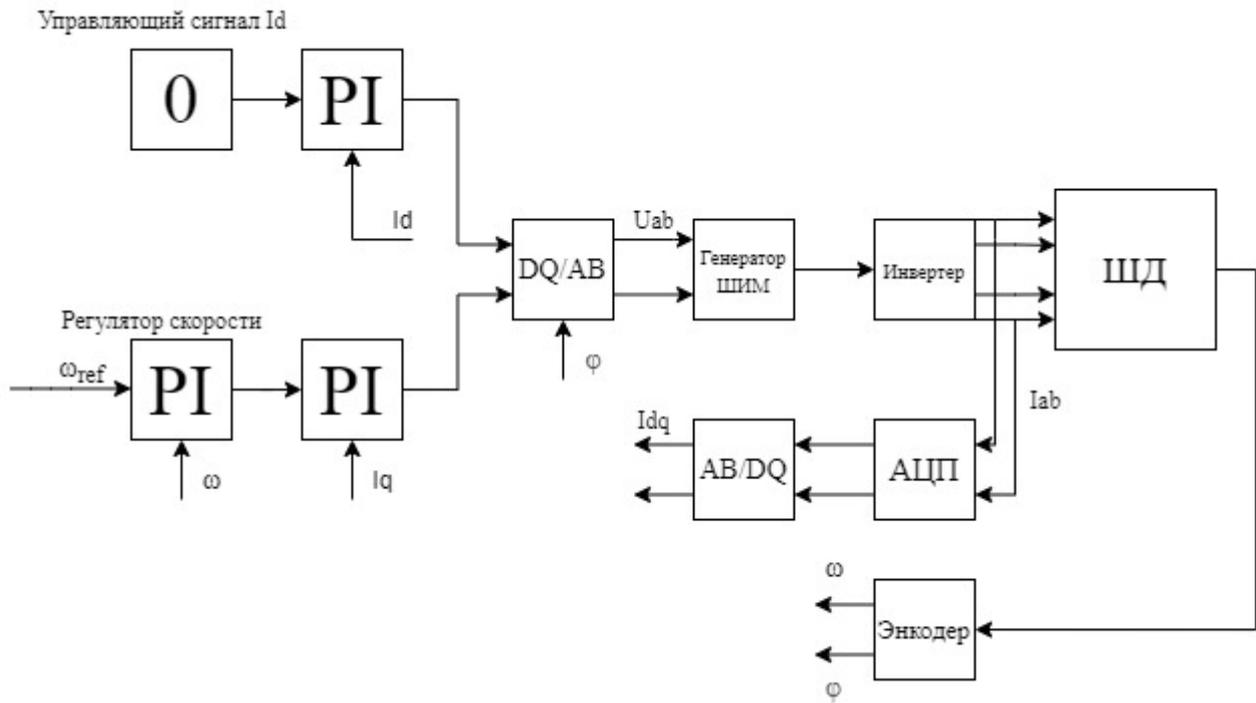


Рис. 1. Структурная модель векторного управления [10]

Результаты моделирования в программе MATLAB представлены на рисунках 2, а, б, 3, а, б.

Из представленных на рисунках 2 и 3 графиков видно, что применение векторного управления позволяет достичь вращения вала ШД с постоянной скоростью.

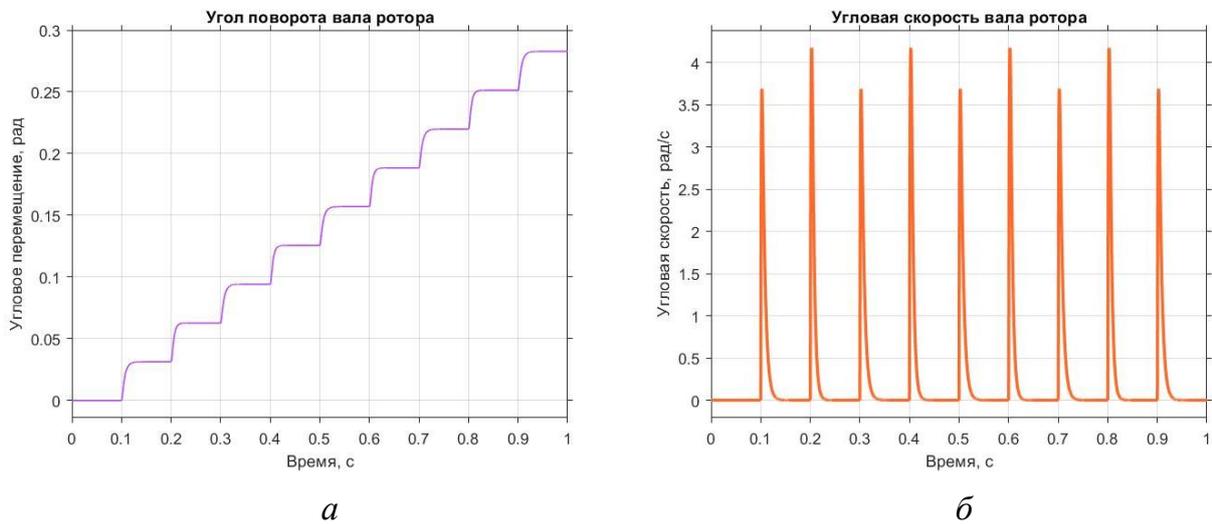


Рис. 2. Графики изменения угла поворота (а) и угловой скорости (б) вала ШД 42-СТН60-1206А при импульсном полношаговом режиме управления

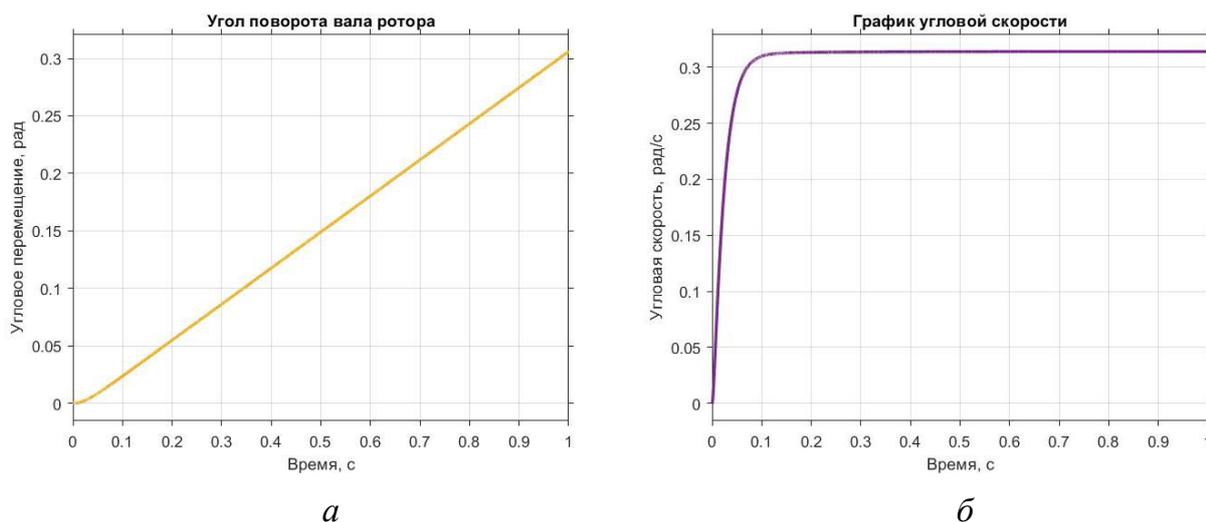


Рис. 3. Графики изменения угла поворота (а) и угловой скорости (б) вала ШД 42-STH60-1206А при векторном управлении

Заключение

Показано, что применение системы управления с обратной связью для ШД позволяет достичь характеристик, сопоставимых с характеристиками двигателя постоянного тока с обратной связью, следовательно, расширить границы применения ШД.

Кроме улучшения динамических характеристик, уменьшения вибрации, повышения точности позиционирования система векторного управления с обратной связью имеет ряд достоинств. Во-первых, возможность минимизации расхода энергии управления и перемещения путем применения алгоритмов оптимального управления. Во-вторых, возможность построения векторного управления без применения датчика угла поворота, к примеру, на основе алгоритма наблюдателей переменных состояния. В-третьих, возможность построения систем диагностики и предсказательного обслуживания электроприводов на основе анализа данных с датчиков обратной связи, в том числе с применением алгоритмов идентификации модели управления и прогнозирования остаточного ресурса.

Список использованных источников

1. Kenjo, T. and Sugawara, A. Stepping motors and their microprocessor controls. Clarendon Press Oxford, 1994.
2. Щербаков, В. Л. Универсальный сервопривод СПШ10 / В. Л. Щербаков, А. О. Тихонов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 1. – С. 18–21.
3. Depenbrock, M. Direct self-control (dsc) of inverter-fed induction machine. Power Electronics, IEEE Transactions on, 3(4): 420-429, Oct 1988. ISSN 0885-8993. doi: 10.1109/63.17963.
4. Betin, F., Pinchon, D., and Capolino, G.-A. Fuzzy logic applied to speed control of a stepping motor drive. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 47(3): 610-622, Jun 2000. doi: 10.1109/41.847902.

5. *Rubaai, A. M., Castro-Sitiriche J., Garuba, M. and L. Burge.* Implementation of artificial neural network-based tracking controller for high-performance stepper motor drives. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 54(1): 218-227, Feb 2007. - doi: 10.1109/TIE.2006.888785.

6. *Лекомцев, П. В.* Моделирование гибридного шагового двигателя в пространстве состояний при переменном моменте сопротивления нагрузки / П. В. Лекомцев, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов // *Интеллектуальные системы в производстве.* – 2020. – Т. 18, № 3. – С. 58–63. doi: 10.22213/2410-9304-2020-3-58-63.

7. *Acarnley, P.P.* Stepping motors: a guide to theory and practice, 2002, no. 63.

8. *Рентюк, В.* Шаговые двигатели и особенности их применения // *Компоненты и технологии.* – 2013. – № 10 (147). – С. 71–78.

9. *Park, R.H.* Two-reaction theory of synchronous machines generalized method of analysis-part i. *American Institute of Electrical Engineers, Transactions of the*, 48(3):716-727, July 1929. doi: 10.1109/T-AIEE.1929.5055275.

10. *Ruilope, R.P.* Modelling and Control of Stepper Motors for High Accuracy Positioning Systems Used in Radioactive Environments, 119-120, Oct 2014.

Е. С. Сергеева, студент, sergeevaakatyia@mail.ru

А. П. Кочеткова, студент

О. Л. Симченко, кандидат экономических наук, доцент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Оценка состояния доступности объектов социальной инфраструктуры для маломобильной категории населения

В настоящее время большое внимание уделяется маломобильным категориям населения и их социализации. Люди с ограниченными возможностями нуждаются в специальных приспособлениях для беспрепятственного перемещения. Исходя из этого все объекты социальной инфраструктуры должны обеспечивать свободный доступ людям с ограниченными возможностями. В данной статье выведены обязательные критерии для оценки доступности объектов общественной инфраструктуры. Для наглядности и правильного построения конструкции был использован программный комплекс ArchiCAD. Также представлена таблица с оценкой доступности объекта социальной инфраструктуры по выведенным критериям.

Ключевые слова: социальная инфраструктура, доступность, пандус, ArchiCAD, маломобильная категория населения, входная группа.

Введение

К развитию объектов социальной инфраструктуры как важной части системы региональной экономики всегда проявлялось огромное внимание. В условиях формирования «глобализации 4.0» определяется надобность всесторонних изменений социальной сферы на всех уровнях власти. Также следует учитывать тот факт, что проведение преобразований в области социальной сферы предполагает привлечение значительных резервов, а нормативная правовая база, по принципу которой реализовывается территориальное планирование объектов общественной инфраструктуры, имеет недостатки [1].

Одним из изучаемых объектов общественной сферы является пандус. Он необходим для беспрепятственного перемещения маломобильной категории населения. Общество и технологии молниеносно развиваются, и это дает возможность людям с ограниченными возможностями свободно посещать различные здания – административные, лечебные, образовательные учреждения, торговые объекты и др. Стоит подчеркнуть, что на протяжении долгого времени, люди, которые относились к маломобильной группе населения, рассматривались отстраненно, потребности таких людей в социальной жизни не учитывались, следовательно, это отразилось на общественной инфраструктуре [2].

Критерии доступности объектов социальной сферы

В современном мире разрабатываются, совершенствуются и обширно применяются разные технические особенности, которые направлены на создание комфортной среды для маломобильной группы населения.

В наши дни существует достаточное количество нормативных документов, которые регулируют все условия доступности объектов социальной сферы для инвалидов и других маломобильных категорий.

В соответствии с Федеральным законом «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» от 24.11.1995 № 181-ФЗ (с изм. и доп., вступившими в силу с 19.12.2020) власть обязана обеспечивать условия маломобильной группе населения для их свободного и легкого доступа ко всем объектам социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры, а также возможность самостоятельного и независимого перемещения по участку, на котором размещаются различные объекты социального обслуживания населения [3].

Опираясь на данные нормативные документы, можно выделить следующие обязательные критерии, с помощью которых можно оценить доступность объектов социальной сферы для маломобильной категории населения (табл. 1).

Таблица 1. Критерии оценки

Критерии	Показатель
Ширина лестниц на конструированных зданиях и сооружениях	Не менее 1,35 м
Сигнализирующие контрастные, тактильные указатели перед лестницей	Глубина 0,5–0,6 м на расстоянии 0,3 м от наружного края горизонтальной части верхней и нижней ступеней
Длина марша пандуса	Не превышает 9 м
Уклон	Не превышает 1:20 (5 %)
Длина горизонтальной платформы пандуса	Не менее 1,5 м
Высота ограждения с перилами	0,7–0,9 м
Расстояние между перилами	0,9–1,0 м
Поверхность пандуса	Нескользящее покрытие, которое выделено цветом, отличающимся сравнительно прилегающей поверхности

При этом все платформы для маломобильной категории населения можно разделить на 3 типа:

- съемные;
- откидные;
- стационарные.

Съемные обычно находятся в специальном помещении. Они легко устанавливаются при необходимости, а затем и демонтируются.

Откидные пандусы устанавливаются в тех местах, где невозможно установить стационарные конструкции, когда недостаточно места.

Стационарные пандусы рассчитаны на длительное использование. Они должны соответствовать всем критериям, которые были представлены выше [4].

Одним из важнейших критериев при создании пандуса является уклон. Уклон – соотношение высоты и длины конструкции. Вычисляется данное значение по формуле

$$U = \frac{H}{L},$$

где H – высота изделия; L – длина изделия. При этом получившийся параметр не должен быть больше максимального наклона, который представлен в СП 59.13330.2016: согласно данному документу предельные значения 1:20 (5 %) [5].

Проектирование конструкции пандуса в программном комплексе Archi CAD

Для создания моделей входных групп и пандусов применяется множество программ, но наиболее эффективным является программный комплекс Arch CAD. Данный продукт основан на технологии моделирования фирмой Graphisoft и предназначен для проектирования архитектурно-строительных устройств и решений, в частности пандусов.

В широкой библиотеке Archi CAD имеются параметрические объекты пандусов. С их помощью есть возможность создания криволинейного и прямолинейного пандуса. Главное преимущество данного программного комплекса в том, что при проектировании существует возможность задать все необходимые параметры, соответствующие выделенным выше критериям [6].

Пример оценки объекта социальной инфраструктуры

Произведем оценку пандуса корпуса № 3 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова и проанализируем, соответствует ли объект требуемым критериям (табл. 2).

Таблица 2. Оценка пандуса

Критерии	Соответствие / показатель
Ширина лестниц конструированных зданий и сооружений	Соответствует
Сигнализирующие контрастные, тактильные указатели перед лестницей	Установлены
Длина марша пандуса	Соответствует
Уклон	Соответствует
Длина горизонтальной платформы пандуса	Соответствует
Высота ограждения с перилами	0,7 м
Расстояние между перилами	1,0 м
Поверхность пандуса	Нескользящая, выделена ярким цветом

Таким образом, оцениваемый пандус соответствует требованиям.

Заключение

В завершение анализа доступности объектов общественной инфраструктуры для маломобильных категорий населения можно сказать, что настоящая

проблема является одной из наиболее важных для современного общества. Одним из решений существующей проблемы является устройство входных групп с пандусами. Для комфортабельного и удобного доступа пандусы должны соответствовать критериям, которые были выявлены в ходе исследования, а применение программного комплекса Archi CAD позволяет создать верную модель конструкции.

Список использованных источников

1. *Постел-Винай, К.* Глобализация 4.0 и новые модели международного сотрудничества // Вестник международных организаций. – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 82–92 (на русском и английском языках). DOI: 10.17323/1996-7845-2020-02-04.
2. *Крундышев, Б. Л.* Универсальная среда жизнедеятельности для маломобильной группы населения (пути формирования) // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии. – 2009, 9, 2.
3. *Малахова, А. Н.* Конструктивное решение пандуса для существующего административного здания / А. Н. Малахова, Д. В. Морозова // Системные технологии. – 2016. – № 18.
4. Виды и типы пандусов для инвалидов и детских колясок. – URL: <https://pandus.su/poleznoe/vidy-i-tipy-pandusov-dlya-invalidov/> (дата обращения: 25.03.2021).
5. Уклон пандусов для инвалидов. – URL: <https://arbolit.org/materialy-i-instrumenty/uklon-pandusa-dlya-invalidov.html> (дата обращения: 25.03.2021).
6. Объект пандуса. – URL: https://help.graphisoft.com/AC/23/RUS/_AC23_Help/040_ElementsVB/040_ElementsVB-316.htm (дата обращения: 25.03.2021).

О. Л. Симченко, кандидат экономических наук, доцент, simchenko.ol@yandex.ru
В. П. Калаев, бакалавр, eclosserev@mail.ru
М. Ю. Новиков, бакалавр, m.novikov@om.udcom.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнительный анализ технико-экономических показателей легких стропильных ферм с параллельными поясами пролетом 24 м из парных уголков и ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» с использованием программного комплекса SCAD OFFICE

Проведен сравнительный анализ технико-экономических показателей легких стропильных ферм с параллельными поясами пролетом 24 м из парных уголков и ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» при помощи современного программного комплекса SCAD Office. По результатам выполненных в программе расчетов сформированы таблицы с результатами подбора сечений элементов ферм, определены стоимость материалов и трудоемкость изготовления ферм, на основании которых сделаны выводы об экономической целесообразности использования конструкций рассматриваемых ферм во всех снеговых районах. Составлена таблица, отражающая процентное соотношение стоимости обоих видов ферм в зависимости от действующей на них нагрузки.

Ключевые слова: SCAD Office, анализ технико-экономических показателей, фермы типа «Молодечно», фермы из парных уголков, целесообразность.

Введение

Легкие стропильные фермы с параллельными поясами из парных уголков и из гнутосварных профилей типа «Молодечно» широко используются в покрытиях промышленных и гражданских объектов строительства. Рациональность применения того или иного варианта конструкции определяется на этапе проектирования после проведения расчета и подбора сечений ферм, исходя из заводской стоимости, которая складывается из стоимости основных материалов и трудоемкости изготовления [3]. Для изучения данной проблемы были составлены расчетные схемы ферм из парных уголков и ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» с параллельными поясами для промышленного здания с шагом 6 м, пролетом 24 м. Разработка расчетных схем велась в соответствии с геометрическими схемами ферм, представленными в соответствующих альбомах рабочих чертежей КМ [2]. Сбор нагрузок выполнен в соответствии с требованиями свода правил.

Заводская стоимость ферм определяется в несколько этапов. Для начала уточняется стоимость материалов ферм [1] по следующей формуле:

$$C_{o.m} = 1,035 \cdot (C_{пр}k_{пр} + 1,5)k_{отх}, \quad (1)$$

где $C_{пр}$ – оптовая цена набора профилей в конструкции, руб; $k_{пр}$ – коэффициент приплат к оптовым ценам, учитывающий приплаты за дополнительные испытания и мерность (зависит от марки стали); $k_{отх}$ – коэффициент отходов стали.

Уточненная стоимость основных материалов ферм для всех снеговых районов отражена в таблице 2.

Затем вычисляются значения трудоемкостей изготовления [1] рассматриваемых типов ферм по приведенной формуле:

$$T = k_T \psi_T c \sqrt{G_o n_o}, \quad (2)$$

где G_o и n_o – масса и число основных деталей конструкции; k_T – коэффициент, учитывающий повышение трудоемкости при применении стали повышенной прочности; c – коэффициент, принимаемый равным 1,5 для ферм из уголков и гнутосварных профилей; ψ_T – строительный коэффициент трудоемкости, вычисляемый по формуле

$$\psi_T = 1 + (c/k_T) \sqrt{d(\psi - 1)}, \quad (3)$$

где ψ – строительный коэффициент, зависит от нагрузки и шага фермы:

$$\Psi = 1,13 + 64,5/(qL) + 17 \cdot 10^{-6} qL, \quad (4)$$

где q – нагрузка на 1 м длины фермы, кН; L – пролет фермы, 24 м.

Полученные данные при расчете трудоемкости изготовления исследуемых стропильных ферм приведены в таблице 3.

Используя определенные ранее значения уточненных стоимостей основных материалов и трудоемкостей изготовления стропильных ферм, производим расчет заводской себестоимости ферм [1] по следующей формуле:

$$C_{зав} = 1,15 \cdot (C_{o.m} + aT(1 + k_n)), \quad (5)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий накладные расходы, пропорциональные трудоемкости, равный 2,6; a – среднечасовая заработная плата, принята 240 руб./ч.

Результаты расчета заводской себестоимости стропильных ферм сведены в таблицу 4.

На основе данных таблицы 4 сформирована таблица 5, отражающая разницу заводской стоимости ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» и ферм из парных уголков в процентном соотношении.

Таблица 1. Результаты подбора сечений элементов и оптовая стоимость материалов

Тип фермы	Элементы	Сечения элементов в зависимости от снегового района							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
типа «Молодечно»	Верхний пояс	140×100×4	160×120×4,5	180×140×5	200×160×5	200×160×6	240×160×6	240×160×7	300×200×6
	Нижний пояс	80×5	140×4	150×4	160×4,5	180×5	180×5,5	180×6,5	180×7,5
	Раскосы опорные	70×3,5	90×3	100×3	100×3,5	120×4	120×4	120×4,5	140×4
	Раскосы	70×2,5	70×3,5	90×3	90×3	90×3	120×3	120×3,5	120×4
	Масса, кг	793	1078	1383	1498	1699	1923	2214	2471
	Цена за материалы, руб.	57 070	77 648	99 567	107 860	122 289	138 454	159 415	177 928
из спаренных уголков	Верхний пояс	90×6	100×7	110×7	120×8	125×9	125×10	140×9	140×10
	Нижний пояс	63×4	70×5	75×6	90×6	100×7	80×10	90×10	120×8
	Раскосы опорные	70×4	80×5	90×6	90×7	100×7	100×7	110×7	110×8
	Шпренгельные элементы	70×4	80×5	90×6	90×7	100×7	100×7	110×7	110×8
	Раскосы	80×5	80×6	90×6	90×6	90×6	90×7	100×6,5	100×6,5
	Стойки	70×5	70×4	70×5	75×5	75×5	80×5	80×5	80×5
	Масса, кг	1160	1429	1655	1904	2174	2400	2542	2743
	Цена за материалы, руб.	81 201	100 045	115 864	133 292	152 192	167 986	177 946	192 040

Таблица 2. Уточненная стоимость основных материалов ферм

Тип фермы	Вид цены	Стоимость материалов в зависимости от снегового района, руб							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Типа «Молодечно»	Цена за материалы, руб.	57 070	77 648	99 567	107 860	122 289	138 454	159 415	177 928
	Уточненная цена, руб.	69 695	94 825	121 593	131 720	149 341	169 082	194 679	217 287
Из спаренных уголков	Цена за материалы, руб.	81 201	100 045	115 864	133 292	152 192	167 986	177 946	192 040
	Уточненная цена, руб.	94 814	116 818	135 288	155 639	177 706	196 147	207 778	224 235

Таблица 3. Результаты расчета трудоемкости изготовления ферм

Тип фермы	Характеристики	Масса и трудоемкость изготовления ферм в зависимости от снегового района							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Типа «Молодечно»	Масса фермы, кг	793	1078	1383	1498	1699	1923	2214	2471
	Трудоемкость, чел.-ч	21,07	23,79	26,45	27,21	28,74	30,41	32,50	34,21
Из спаренных уголков	Масса фермы, кг	1160	1429	1655	1904	2174	2400	2542	2743
	Трудоемкость, чел.-ч	23,04	23,68	24,36	25,37	26,55	27,48	28,00	28,81

Таблица 4. Заводская стоимость изготовления ферм

Тип фермы	Заводская стоимость изготовления ферм в зависимости от снегового района, руб.							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Типа «Молодечно»	101 083	132 690	166 116	178 516	200 301	224 657	256 175	283 872
Из спаренных уголков	131 927	157 871	179 787	204 189	230 746	252 877	266 768	286 496

Таблица 5. Процентное соотношение заводской стоимости

«Молодечно»	Процентное соотношение заводской стоимости ферм из парных уголков и ферм типа «Молодечно» в зависимости от снегового района, %							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Типа «Молодечно»	100	100	100	100	100	100	100	100
Из спаренных уголков	130,5	119,0	108,2	114,4	115,2	112,6	104,1	100,9

Вывод

В результате проведенного сравнительного анализа технико-экономических показателей металлических стропильных ферм пролетом 24 м из парных уголков и ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» на основании выполненных расчетов выяснено, что применение фермы из парных уголков в первом снеговом районе приводит к повышению заводской стоимости на 30,5 % по сравнению с фермой типа «Молодечно». Однако с увеличением нагрузки, в нашем случае с изменением снегового района в большую сторону, данный показатель заметно снижается. Так, для восьмого снегового района превышение заводской стоимости ферм из парных уголков оказывается всего лишь 0,9 %.

Список использованных источников

1. *Лихтарников, Я. М.* Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. – Москва : Стройиздат, 1979. – 319 с.
2. *Гринёва, Ю. И.* Анализ статических схем стальной стропильной фермы // Шаг в науку. – 2020. – № 1 – С. 15–19.
3. *Манохин, П. Е.* Металлоконструкции в строительстве. Проблемы применения технологии легких стальных тонкостенных конструкций на территории России / П. Е. Манохин, А. С. Шиврина // Фотинские чтения. – 2015. – № 1 (3). – С. 53–57.
4. Компьютерное моделирование рамных конструкций / А. В. Черников, Н. М. Подригало, К. П. Гирина, Н. Г. Смирнов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2017. – № 78. – С. 59–66.
5. Анализ работы узлов стропильной фермы типа «Молодечно» с учетом физической и геометрической нелинейности / С. А. Соколов, А. Н. Качаун, П. О. Скудалов, С. В. Черемных // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии. – 2019. – № 2 (2). – С. 36–42.

О. В. Соковнина, магистрант, sokovnina-olya@mail.ru
Е. М. Микрюкова, ст. преподаватель
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка руководства по эксплуатации водозаборного сооружения Яковлевского обогатительного рудного комбината

Разработано руководство по эксплуатации водозаборного сооружения Яковлевского обогатительного рудного комбината. Рассмотрено техническое обслуживание приемного оголовка, берегового колодца и насосно-фильтровальной станции. Описывается ввод насосно-фильтровальной станции в эксплуатацию.

Ключевые слова: эксплуатация, водозаборное сооружение, насосно-фильтровальная станция, дренажные сточные воды, фильтрация.

Введение

После запуска в работу водозаборных сооружений производство сталкивается с рядом проблем: вывод из строя электрооборудования, затопление станции, быстрое заиливание приемного оголовка.

Техническое обслуживание необходимо производить с целью обеспечения стабильной работы насосно-фильтровальной станции в целом, а также для обеспечения стабильной и безопасной работы электрооборудования.

Разработано и представлено руководство по эксплуатации водозаборного сооружения (ВЗУ) для Яковлевского обогатительного рудного комбината. В состав ВЗУ входит: затопленный водоприемный оголовок, водозаборный коллектор, береговой колодец, насосно-фильтровальная станция (НФС) [1, 6]. НФС представляет собой блочно-модульную установку – одноэтажное здание прямоугольной формы с наибольшими габаритами: 12,6×7,8×5,0 м, включает в свой состав единственное помещение, предназначенное для размещения насосного и фильтровального оборудования [2].

Ввод насосно-фильтровальной станции в рабочий режим

Запуск НФС в работу должен быть произведен специально обученными специалистами, имеющими опыт и разрешение к пуско-наладочным работам.

Подготовительный этап перед запуском НФС

- Эксплуатация насосного и фильтровального оборудования организуется на основе инструкций по эксплуатации завода изготовителя «ВИЛО-РУС».
- Операции, связанные с пуском и остановкой основного оборудования, производит только оператор, обслуживающий станцию.
- Необходимо проверить наличие подключения электрооборудования к сети.

Запуск насосно-фильтровальной станции

1. Убедиться, что все технологическое оборудование смонтировано правильно и обвязано соответствующими трубопроводами.

2. Обеспечить подачу воды из пруда-отстойника в береговой колодец путем открытия клиновой задвижки с помощью колонки управления.

3. Включение блока подающих насосов:

- открыть подачу воды на всасывающих трубопроводах насосов с помощью задвижек;

- открыть подачу воды в напорном трубопроводе с помощью задвижек;

- подача воды на блок напорной фильтрации должна быть перекрыта с помощью задвижек;

- подача на выпуск должна быть перекрыта задвижками;

- для промывки трубопровода после монтажа необходимо открыть задвижки, что позволит прочистить напорный трубопровод; после заполнения системы произойдет опорожнение в блок дренажных насосов;

- открыть подачу воды в блок дренажных насосов задвижками;

- после включения насосов система будет заполнена и в течение 15 минут прочищена; опорожненная вода будет откачена с помощью дренажных насосов и возвращена в пруд-отстойник.

4. Включение блока напорных фильтров:

- после промывки системы необходимо обеспечить подачу на фильтрацию, путем открытия задвижек;

- открыть задвижки для сброса промывной воды от фильтра;

- после фильтрации очищенная вода проходит узел учета и на выпуск.

Необходимо открыть задвижки.

Остановка работы насосно-фильтровальной станции

При остановке работы НФС необходимо:

- перекрыть подачу стоков в НФС, закрыв клиновую задвижку в береговом колодце;

- выключить из работы технологическое оборудование (насосное оборудование, фильтры);

- перекрыть задвижки в производственном здании;

- произвести обслуживание;

- произвести запуск, согласно инструкции изложенной выше.

Проведение обслуживания НФС

Обслуживание водоприемного оголовка

Сетчатые элементы оголовка будут подвергаться биообрастанию, что приведет в конечном итоге к закупориванию ячеек фильтрующей сетки и аварийному останову насосов НФС по сигналу защиты от режима сухого хода [3, 5]. Чтобы этого не допустить, необходимо периодически очищать сетчатые элементы оголовка. Для этого необходимо произвести следующие действия:

1) без прекращения работы станции верхние сетчатые элементы очистить ворсистой щеткой непосредственно в воде, не демонтируя их;

2) при необходимости отключить насосное и фильтрационное оборудование для очистки боковых фильтров; боковые сетчатые фильтры вынуть из воды вверх и очистить ворсистой щеткой;

3) после очистки боковые сетчатые фильтры необходимо установить обратно в пазы направляющих, по которым опустить вниз до упора.

Обслуживания берегового колодца

Необходимо производить осмотр и очистку поплавковых датчиков. При неисправности произвести замену датчика.

Обслуживание блока подающих насосов

Техническое обслуживание подающих насосов включает осмотр, проверку защитных крышек, внешнего состояния оборудования, затяжку болтов, очистку поверхности насоса от грязи и ржавчины, покраску поверхности насоса.

Обслуживание блока фильтрации

Техническое обслуживание фильтров включает внешний осмотр, затяжку болтов, очистку поверхности фильтра от грязи и ржавчины, покраску поверхности фильтра.

Обслуживание блока дренажных насосов

Техническое обслуживание дренажных насосов включает очистку и промывку насосного агрегата, проверку контрольных устройств, замену масла, осмотр, проверку подшипников, смазку, опрессовку насосного агрегата, обкатку, испытание насоса, сдачу в эксплуатацию.

При эксплуатации насосно-фильтровальной станции необходимо руководствоваться действующими нормами и правилами техники безопасности: «Правила об охране труда и эксплуатации коммунального водопроводно-канализационного хозяйства», «Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест», «Рекомендации по организации работы службы охраны труда в объединениях, организациях и предприятиях жилищно-коммунального хозяйства» [4].

Обслуживание станции должно производиться персоналом, который прошел специальное обучение на базе указанных документов.

Для обеспечения безопасности работы персонала оборудование имеет заземление, защитное отключение, предупредительную сигнализацию, средства защиты, а вращающиеся элементы оборудования – ограждения.

Таблица 1. Распределение приходящего персонала по сменам и санитарным группам производственных процессов [4]

Должность	Категория	Кол-во работающих в обычную смену	Сангруппа	Кол-во работающих в максимальную смену
Оператор	Рабочий	1	1а	1
Спец. КИП	Рабочий	–	–	1
Электрик	Рабочий	–	–	1
Механик	Рабочий	–	–	1
ИТОГО		1		4
ВСЕГО		1		4

Таблица 2. Периодичность рекомендуемых действий по обслуживанию [1]

Виды работ	Периодичность
<i>Уборка производственного помещения и территории</i>	
Очистка территории НФС от снега	После снегопада, но не более 50 раз за зимний сезон
Выкашивание травостоя	При необходимости, но не более 16 раз в год (с мая по сентябрь)
Подметание полов в производственных помещениях	При необходимости, но не более 24 раз в год
<i>Технологическое обслуживание оголовка</i>	
Осмотр, очистка оголовка	При необходимости, но не реже 1 раза в месяц
<i>Техническое обслуживание берегового колодца</i>	
Осмотр, проверка запорно-регулирующей арматуры	1 раз в 6 месяцев
Осмотр, проверка поплавковых датчиков	
<i>Техническое обслуживание основного оборудования</i>	
Техническое обслуживание насосов	При необходимости, но не более 12 раз в год
Техническое обслуживание фильтров	
Техническое обслуживание трубопроводов	
Техническое обслуживание трубопроводов с запорной арматурой	
Техническое обслуживание трубопроводов с арматурой с электроприводами	
<i>Техническое обслуживание системы электроснабжения и электрооборудования</i>	
Техническое обслуживание рубильника	При необходимости, но не более 12 раз в год
Техническое обслуживание силового распределительного пункта	
Техническое обслуживание трансформатора	
Техническое обслуживание кабельной линии	
Техническое обслуживание силовых сетей	
Техническое обслуживание электродвигателей	
Техническое обслуживание электрооборудования тали электрической	
<i>Техническое обслуживание системы освещения</i>	
Техническое обслуживание светильников	При необходимости, но не более 12 раз в год
<i>Техническое обслуживание контрольно-измерительных приборов и средств автоматики</i>	
Техническое обслуживание шкафа управления технологическим оборудованием	При необходимости, но не более 12 раз в год
Техническое обслуживание манометров, расходомеров	При необходимости, но не более 2 раз в год

Заключение

Данное руководство по эксплуатации разработано с целью бесперебойной работы станции. Правильная эксплуатация и техническое обслуживание водозаборного сооружения обеспечат стабильную работу станции, приведут к наименьшим затратам на ремонт оборудования.

Список использованных источников

1. Водоподготовка : справочник / под ред. С. Е. Беликова. – Москва : Акватерм, 2007. – 240 с.
2. ООО «Металл-групп «Яковлевский рудник». Корректировка технического проекта. Основные технические решения. – Книга 6. Очистка и утилизация шахтных вод. – ОТР 1870-6430-ПЗ.4, 2003.
3. Водозаборно-очистные сооружения и устройства / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин. – Москва : Астрель, 2003. – 569 с.
4. Соковнина, О. В. Возможные схемы и методы очистки и утилизации рудничных и дренажных сточных вод. Проектная схема очистки и утилизации рудничных сточных вод / О. В. Соковнина, Е. М. Микрюкова // Общество. – 2020. – № 3 (18). – С. 16–20.
5. Соковнина, О. В. Разработка конструкции водоприемного оголовка на основе существующих типов оголовков / О. В. Соковнина, Е. М. Микрюкова // Magyar Tudomány Journal. – 2020. – № 40 (40). – С. 74–78.

У. В. Соломенникова, бакалавр, solomennikova_ulyana@mail.ru

С. Р. Чурина, бакалавр, s1-churina@mail.ru

Э. В. Алиев, кандидат технических наук, доцент, kompetencii@gmail.com

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Аптечка SMART-BOX

В настоящее время как физические, так и юридические лица сталкиваются с большим количеством закупаемых товаров ограниченного срока годности. Проблема настолько остра и представляет угрозу для безопасности, что производители вынуждены год от года увеличивать сроки годности своих предлагаемых продуктов.

Технической задачей предлагаемого решения является упрощение процедуры контроля сроков годности.

Прибор работает следующим образом: пользователь вводит в базу данных наименование препарата, а также дату его срока годности, устройство сравнивает текущую дату с введенной датой. Если срок годности истек, автоматически появиться сообщение об этом.

Ключевые слова: аптечка, логистика, складской учет, фармацевтика, цифровая экономика.

Введение

Функционирование аптечки – это система обеспечения, соответственно, может использовать уже исторически сложившиеся системы.

Выделяют ряд системных направлений организации обеспечения ресурсами. Это управление запасами. Складской учет. Ассортиментный учет. Учет свежести продуктов. Система планово-предупредительного обслуживания и ремонта. Учет исполнения контрактов. Системы массового обслуживания. Ряд других схожих систем.

Эти направления различаются по приоритетности учитываемых факторов и показателям эффективности функционирования. Составу факторов. Временным интервалам транзакций. В результате имеются отличия и в базе данных, обеспечивающей функционирование данных систем.

Например, в складском учете особую важность имеет физическое размещение материальных ценностей [1]. В связи с этим нельзя просто подвинуть коробку или поддон, а перемещение любого элемента даже на соседнюю полку является отдельной операцией и оформляется в документации.

Напротив, учет продуктов в супермаркетах не так строг к расположению, но строг к срокам годности.

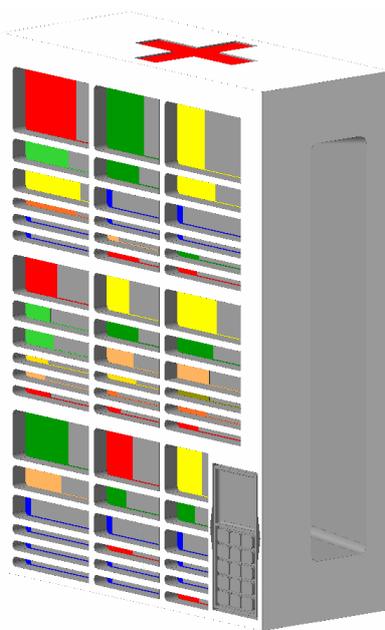
При внешнем сходстве аптечки с функционированием аптеки имеется ряд особенностей.

Более редкий расход лекарственных средств. Ограниченность ассортимента. Ограниченность пространства. Важность быстрого эргономичного поиска нужной позиции в физическом пространстве. Важность быстрого отслеживания полноты и свежести необходимых лекарственных позиций.

В этой части логистика аптечки будет всё-таки ближе к работе склада.

Основная часть

Разработанное устройство выглядит как ящик с несколькими этажами, отсеками для систематизированного хранения лекарств (рисунок).



Модель аптечки smart-box

На устройстве находится экран, а в комплекте идет пульт-клавиатура. На ней находятся клавиши с буквами, цифрами, стрелки, кнопка ввода, кнопка удаления, кнопка включения и выключения.

В качестве микропроцессора использована Arduino Uno R3 ATmega328p. Данная платформа является наиболее легкой для программирования и имеет достаточную эффективность и защиту от коротких замыканий, а также небольшие размеры, что важно при разработке ящика [2]. В микропроцессор встроены чипы Wi-Fi и Bluetooth, с помощью Bluetooth к микропроцессору подключается клавиатура.

Устройство работает от заряжаемого аккумулятора. Чтобы не потерялся пульт, предусмотрены магниты. Для расширения памяти микропроцессора предусмотрен SSD-накопитель microSD. На карту памяти информация копируется автоматически, это способствует сохранению данных о лекарствах.

Преимущество хранения медикаментов в нашем боксе – это ячейки, оснащенные пружинным механизмом, и при выкладке препарата в отсек программа видит, что ячейка заполнена и подсвечивает ее определенным цветом.

Чтобы узнать, когда истекает срок годности препарата, достаточно визуально проконтролировать цвет соответствующей ячейки. Красный – срок год-

ности подходит к концу. Желтый, зеленый – в пределах допустимого. Синий цвет свидетельствует о том, что мы сознательно проигнорировали требования о введении предельного срока годности данного препарата во время закладки его в аптечку-органайзер.

Помимо этого имеются экран на крышке ящика, на котором можно увидеть, когда истекает срок годности у определённого препарата.

Также следует добавить некоторые возможные направления перспективного развития нашего проекта:

- создание версии для слабовидящих;
- управление ящиком через телефон;
- список покупок – целевой запас сравнивается с текущим, информация поступает в интернет-магазин, система подключается к услугам эквайринга и банкинга, соответствующий препарат доставляется к физическому месту расположения аптечки Smart-Box (концепция интернет вещей);

голосовой ввод;

- съемный теплообменник;
- домашний доктор – на каждый недуг существуют современные методы и предлагаемые схемы лечения, согласно рекомендациям ВОЗ, соответственно, данная схема может быть представлена в виде схемы упрощенного алгоритма лечения;

- QR-сканер.

Заключение

Аптечка SMART-BOX является необходимым бытовым прибором, который поможет сохранять систему обеспечения и использования медикаментов в оптимальном состоянии. Исключатся ситуации, когда необходимо срочно принять лекарство, а срок его годности давно вышел.

Список использованных источников

1. Складской учет – что это такое? Правила ведения и организации на предприятии // Клеверенс: интернет-издание. – 2019. – 14 июня. – URL: <https://www.cleverence.ru/articles/auto-busines/skladskoj-uchet-chto-eto-takoe-pravila-vedeniya-i-organizacii-na-predpriyatii/> (дата обращения: 30.03.2021).

2. Arduino // All-Arduino: интернет-издание. – 2020. – 13 мая. – URL: <https://all-arduino.ru/> (дата обращения: 10.03.2021).

У. В. Соломенникова, бакалавр, solomennikova_ulyana@mail.ru
С. Р. Чурина, бакалавр, s1-churina@mail.ru
Э. В. Алиев, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка адаптирующейся системы автоматизации визуального контроля

В настоящее время перед промышленными предприятиями стоят задачи повышения эффективности, безопасности технологических процессов. Визуальный контроль, доминирующий в большинстве случаев, слишком дорог, поэтому цель работы состоит в моделировании автоматизированной системы контроля, способной эффективно облегчить человеческий труд. После проведения анализа работы некоторых предприятий РФ, была разработана система, направленная на введение искусственного интеллекта с целью оптимизации и улучшения работы отдела технического контроля. Система состоит из конвейера и интеллектуального визуального контроля.

Ключевые слова: нейронная сеть, поверхностные дефекты, машинное зрение, технический контроль.

Введение

Как правило, основными причинами дефектов неавтоматизированных заводов являются: человеческий фактор (невнимательность, усталость), неправильные условия хранения.

Предлагаемая разработка направлена на введение искусственного интеллекта с целью оптимизации и улучшения работы отдела технического контроля.

Работа системы

Данная система работает на основе нейронной машины Тьюринга.

Ячейки памяти не помещены в нейрон, а размещены отдельно с целью объединить эффективность обычного хранилища данных и производительность нейронной сети, т. е. являются машинами Тьюринга; в силу способности читать и записывать данные и менять состояние в зависимости от прочитанного, они являются тьюринг-полными. Такое решение выбрано на основе анализа.

Нейросети прямого распространения и перцептроны слишком прямолинейны, передают информацию строго от входа к выходу. Клетки одного слоя не связаны между собой, а соседние слои обычно полностью связаны [1].

Нейронная сеть Хопфилда обладает недостаточной детерминированностью. Во время обучения значения нейронов устанавливаются в соответствии с желаемым шаблоном, после чего вычисляются веса, которые в дальнейшем не меняются. После того как сеть обучилась на одном или нескольких шаблонах,

она всегда будет сводиться к одному из них (но не всегда к желаемому) [3]. И наиболее близкие к требованиям нашей задачи сверточные нейронные сети (CNN) требуют много времени и множество примеров для обучения, что не подходит для полноценной работы, так как нейронной сети необходимо обучаться быстро.

Предлагаемая система проверки качества работает с применением нейросети. Она будет основана на визуальном контроле, техническое зрение – камеры Allied Vision.

Камеры будут отслеживать детали на конвейере в момент сборки, фиксируя действия рабочих и выявляя скрытые дефекты.

Данные с камер и датчиков будут обрабатываться искусственным интеллектом; они подключены к одной системе и результаты будут поступать в отдел технического контроля.

С помощью камеры получаем изображения наиболее типичных поверхностных дефектов. Преобразуем графическое изображение дефектов в цифровой вид с помощью операционной среды MATLAB. Цифровой массив данных одного изображения представлен на рисунке 1.

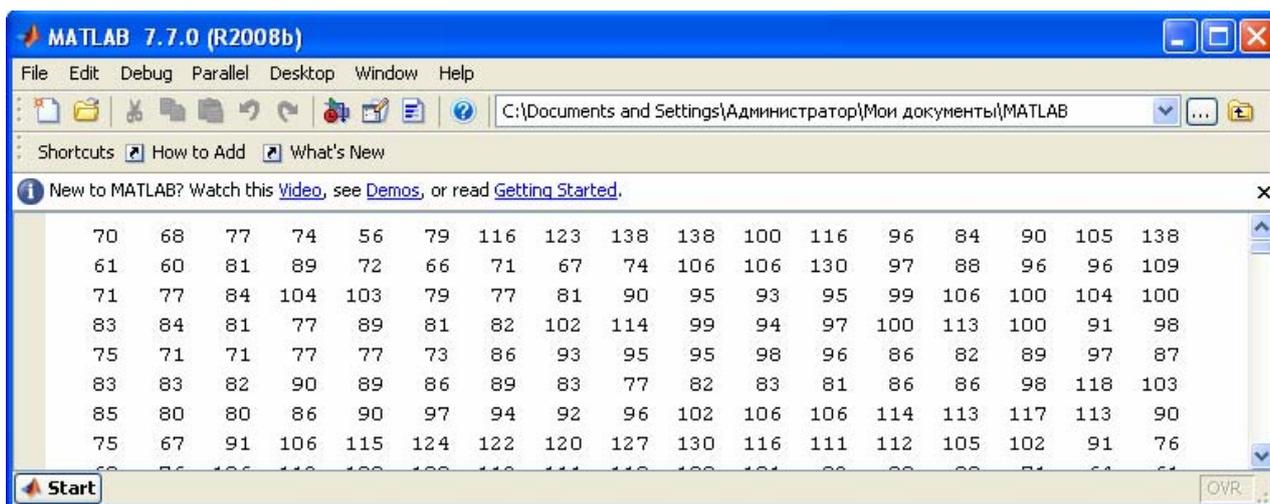


Рис. 1. Цифровой массив данных

Изображенная система (рис. 2) – это конвейерная лента, на ней находятся детали и три камеры. Камеры смотрят внахлест, т. е. 2 камеры могут видеть одну и ту же зону. Помимо этого будет настроен свет, при котором угол освещения не совпадает с углом видения камеры, что повышает вероятность обнаружения дефекта.

Массив чисел выстроим в один столбец и вставим этот столбец в рабочую область MATLAB (Workspace).

Теперь массив можно обрабатывать операционной средой. Аналогично получаем остальные изображения дефектов.

После создания множества столбцов с числовыми данными можно настраивать нейронную сеть [2].

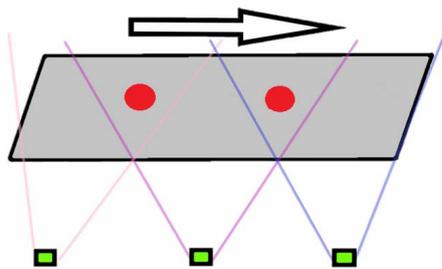


Рис. 2. Работа системы

Представленная система сможет выявлять дефекты на разных этапах производства. На этапе хранения комплектующих на складе возможно появление дефектов, они возникают из-за несоблюдения условий хранения. Далее бракованные изделия могут появиться на этапе производства – виной может стать человеческий фактор. Также могут быть не выявлены скрытые дефекты. Например, отклонение от методических рекомендаций по сборке. Такие же дефекты могут быть не выявлены на этапе контроля качества.

Предлагаемая система исключит подобные явления, так как будет отслеживать каждый этап производства, замечать то, что не может увидеть человек.

Заключение

С применением предлагаемой технологии не потребуются корректирующие меры на производстве, что снизит количество затрат, процент дефектных изделий заметно снизится, а обслуживание окупится за счет снижения издержек на бракованные изделия.

В перспективах данной системы рассматривается создание высокоомобильного измерительного бесконтактного комплекса, упакованного в специализированный кейс с возможностью быстрого развертывания и адаптации под текущие производственные условия. Кроме того, возможно использование оптических филирующих материалов, работающих в разных диапазонах частот.

Список использованных источников

1. Нейрон, перцептрон, кошка: фундаментальные отличия нейросетей. – Ч. 1 // *Neu Machine Learning*. – URL: <https://blog.heyml.com/разновидности-нейронных-сетей-часть-1-12c4f7da8e32> (дата обращения: 26.02.21).

2. *Димитриева, И. О.* Создание нейронной сети для распознавания поверхностных дефектов прокатных изделий на ОАО «ИЖСТАЛЬ» / И. О. Димитриева, Э. В. Алиев // I Российская конференция с международным участием «Системный анализ и семиотическое моделирование» (SASM'2011) – Казань, 2011.

3. *Еремеев, Н. А.* Использование синтетических нейронных сетей в системе сбалансированных показателей (на примере нефтедобывающей отрасли) : дис. ... канд. экон. наук. – Красноярск, 2017.

М. В. Сотникова, магистрант, mv.sotnikova@bk.ru
А. П. Медведева, бакалавр, nst.mrz@mail.ru; *Волков М. А.*, магистрант
А. Ф. Гордина, кандидат технических наук, gism56@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Гипсовые композиции, модифицированные дисперсной силикатной добавкой*

Рассматривается влияние базальтовой минеральной ваты на свойства гипсового камня. Одной из наиболее актуальных тенденций развития строительного материаловедения как направления науки является разработка энергоэффективных композиционных материалов. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам создания модифицированных материалов с повышенными физико-механическими свойствами. Введение базальтового волокна позволяет влиять на прочностные характеристики гипсовых материалов.

Ключевые слова: минеральная каменная вата, модификатор, гипс, прочность на сжатие, физико-механические свойства, прочность на изгиб.

Введение

Популярной сферой применения отходов производства является изготовление бетонов на основе портландцемента как композитов массовой строительной продукции. Однако с точки зрения энергоэффективности актуально применение материалов на основе бесклнкерных вяжущих, так как их производство обусловлено меньшим количеством энергозатрат, сокращением количества вредных выбросов в окружающую среду. Одним из наиболее перспективных материалов является строительный гипс.

Введение добавок [1, 2], характеризующихся высокой удельной поверхностью или химической активностью, позволяет направленно регулировать процессы формирования структуры на этапе гидратации и твердения вяжущего, способствуя повышению физико-технических параметров изделий и применению их в различных условиях эксплуатации. При этом использование тонкодисперсных компонентов в качестве модификаторов структуры и свойств является одни из самых перспективных.

В основе исследования [3] авторы рассматривают применение базальтовой пыли в качестве армирующего волокна в гипсовом камне. Опытным путем было установлено оптимальное количество добавки, равное 10 %. Также для повышения прочностных характеристик в работе [4] применялась базальтовая добавка в диапазоне до 10 %. В исследованиях установлено, что введение в со-

© Сотникова М. В., Медведева А. П., Волков М. А., Гордина А. Ф., 2021

* Работа выполнена при финансовой поддержке ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в рамках гранта № РНИИ – 2021-07.

став гипсового теста данной модифицирующей добавки ведет за собой повышение водосодержания сырьевой смеси или необходимость использования пластификатора.

В работе авторами рассмотрена возможность улучшения физико-технических свойств строительного гипса за счет введения техногенной тонкодисперсной добавки – измельченной минеральной ваты.

Характеристики исходных компонентов

Для экспериментальных исследований использовался строительный гипс марки Г-4 П Б компании «Гипсополимер», произведенный в соответствии с ГОСТ 125–2018 «Вяжущие гипсовые. Технические условия».

На основе анализа исследования по модификации строительного гипса были выбраны дисперсные добавки: минеральная каменная вата BASWOOL ФАСАД 90 и KNAUF Insulation TR 040.

Для приготовления первой серии образцов использовалась каменная минеральная вата BASWOOL ФАСАД 90 (1200×600×50, 0,216 м³), которая изготавливалась в соответствии с ГОСТ 25880 и ТУ 5762-001-80015406–2010. Для приготовления второй серии образцов использовалась минеральная каменная вата KNAUF Insulation TR 040, изготовленная в соответствии с ТУ 5763-001-73090654–2009.

В качестве одного из основных компонентов сырья для производства каменной ваты выступают горные породы – изверженные породы габбро-базальтовой группы и подобные им по химическому составу метаморфические горные породы, а также мергели.

Приготовление образцов

Предварительно было установлено водогипсовое отношение для модифицированных составов, и его значение было принято равным 0,5. Добавка равномерно распределялась в воде затворения, в которую постепенно вводился гипс до получения однородной смеси. Совместное тщательное перемешивание с применением механического прибора – миксера – осуществлялось в течение 2 минут для более равномерного распределения добавки в общем объеме материала.

Прочностные параметры составы определялись согласно ГОСТ 23789–2018 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний» на образцах-балочках размером 40×40×160 мм. До проведения испытаний образцы хранили в воздушно-сухих условиях ($T = 20 \pm 5$ °С, относительной влажности воздуха 60–75 %) в течение 14 суток.

Физико-механические методы исследования композиций

Определен интервал варьирования модифицирующей добавки, равный от 0 до 1 % и обусловленный достаточно высокой удельной поверхностью добавки, достаточной для активации процессов структурообразования гипса. Для дальнейших исследований в выбранном интервале модификатора шаг изменения концентрации добавки составил 0,2 %.

Результаты испытаний образцов гипса предела прочности на изгиб и сжатие с добавлением минеральной ваты BASWOOL ФАСАД 90 и KNAUF Insulation TR 040 представлены на рисунках 1 и 2.

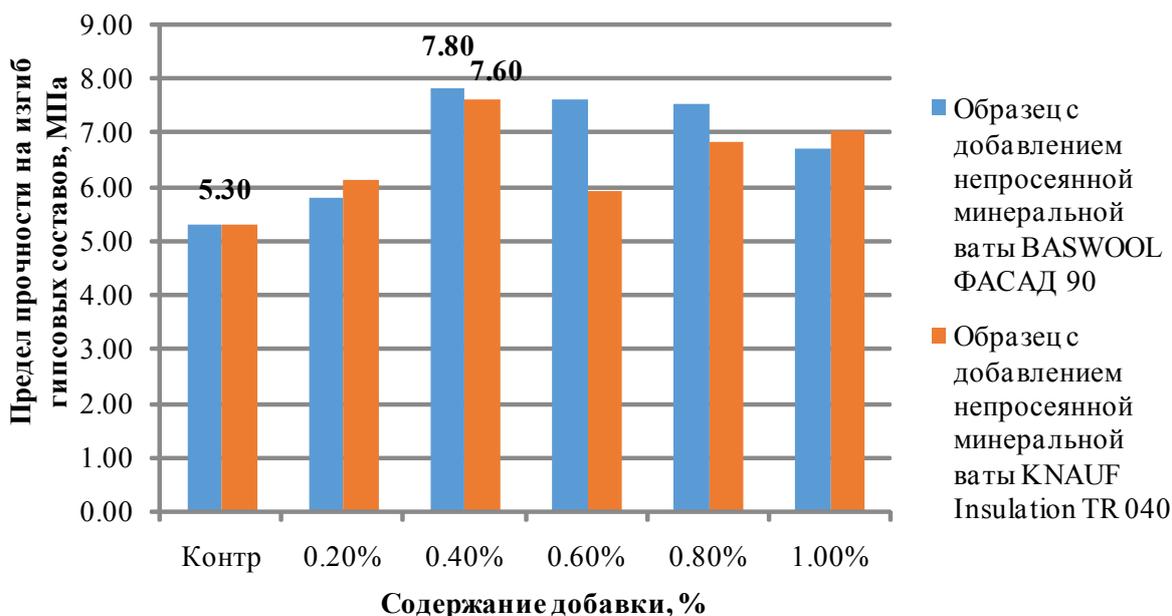


Рис. 1. Результаты испытаний образцов разных составов предела прочности на изгиб

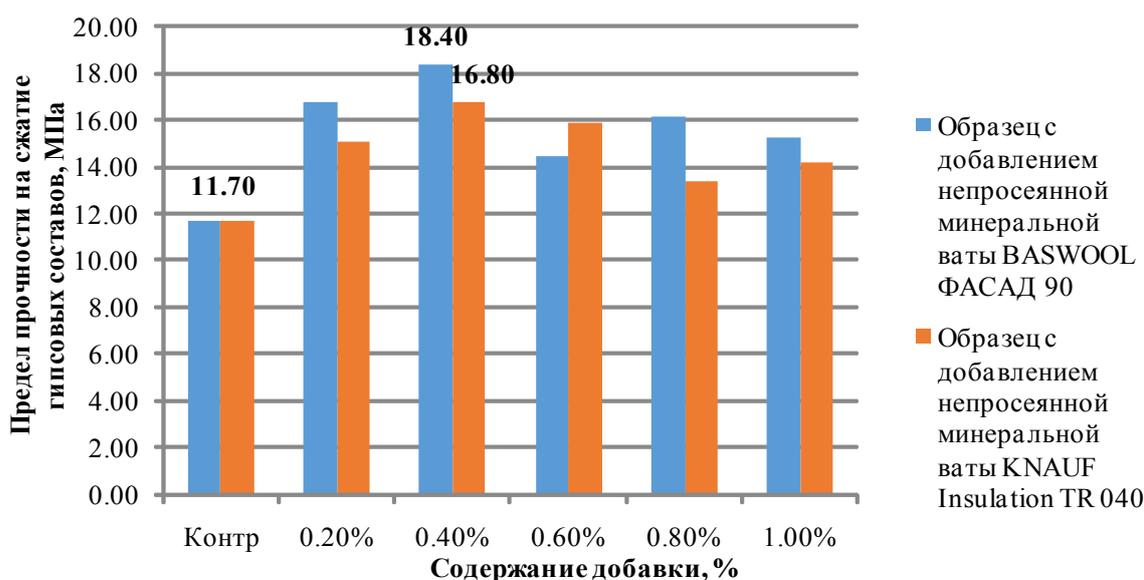


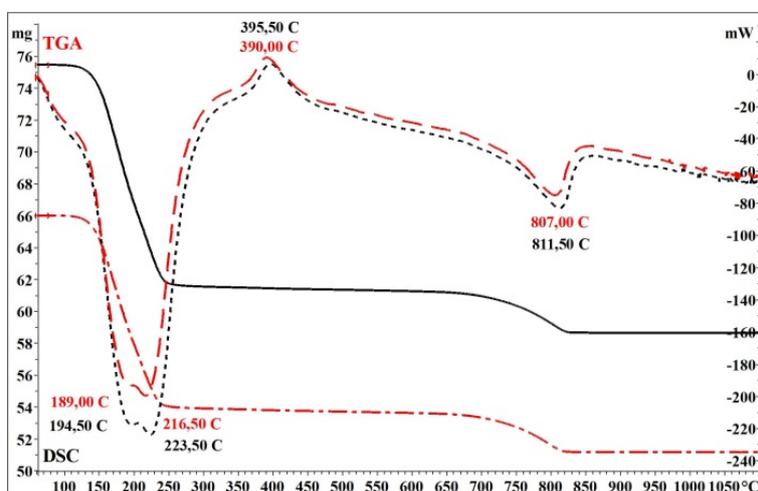
Рис. 2. Результаты испытаний образцов разных составов предела прочности на сжатие

Анализируя данные испытаний образцов с добавлением минеральной ваты можно сделать вывод, что оптимальной концентрацией добавки является 0,4 % от общего объема. Введение 0,4 % измельченной минеральной ваты BASWOOL ФАСАД 90 позволило увеличить прочность материала на изгиб на 47,2 %, на сжатие – на 57,3 %, а введение измельченной непересеянной минеральной ваты KNAUF Insulation TR 040 позволило увеличить прочность на 43,4 и 31,6 % на изгиб и сжатие соответственно. Рост физико-механических характеристик может быть связан с интенсификацией процессов гидратации вяжущего за счет высокой удельной поверхности добавки, а также возможно формирование новых продуктов гидратации.

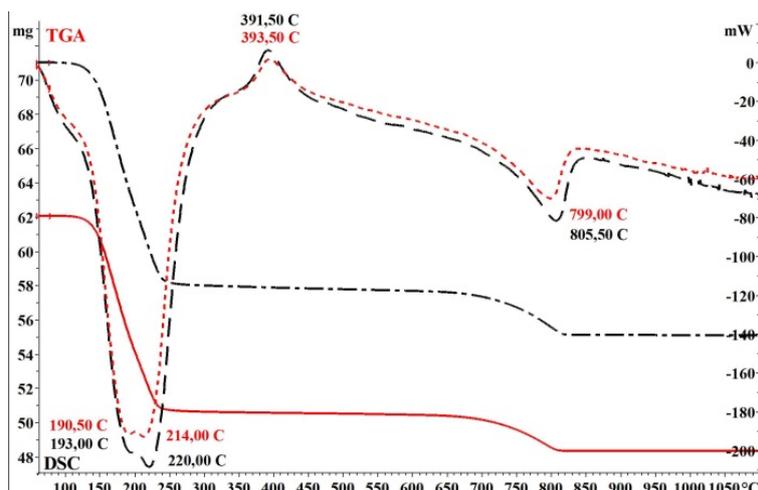
Физико-химические методы исследования составов компонентов

Дифференциально термический анализ модифицированного гипса проводился на дериватографе TGA/DSC-1 фирмы MettlerToledo. Максимальная температура, при которой можно проводить исследования, 1100 °С при этом скорость нагрева образцов составляла 30 °С/мин.

Анализ спектральной информации (рис. 3), полученной при проведении исследования, представлен в таблице. Дифференциально термический анализ образцов контрольного состава и составов с добавлением оптимально концентрации модификатора показал, что при введении минеральных добавок не образуются новые продукты гидратации. При этом необходимо отметить, что изменение потери массы образцов при дегидратации двуводного сульфата кальция возрастают, что обусловлено созданием благоприятных условий протекания процессов структурообразования вяжущего, более полного превращения полуводного гипса в дигидрат.



a



б

Рис. 3. Результаты дифференциально термического анализа: а – контрольный образец (красный цвет) и образец добавлением минеральной ваты BASWOOL ФАСАД 90 (черный цвет); б – контрольный образец (красный цвет) образец добавлением минеральной ваты KNAUF Insulation TR 040) (черный цвет)

Анализ дериватограмм гипсовой матрицы [5]

Реакция (диапазон температур)	Эффект	Изменение массы, %		
		Контрольный состав	Модифицированные составы	
			минеральной ватой BASWOOL ФАСАД 90	минеральной ватой KNAUF Insulation TR 040
Дегидратация гипса (150-200 °С)	Эндотермический	12	10,5	14
Перекристаллизация CaSO ₄ (350-400 °С)	Экзотермический	–	–	–
Частичное разрушение CaSO ₄ Разрушение CaCO ₃	Эндотермический	2	4	2,5

Общие потери в массе исследуемых образцов составили: образца с добавлением минеральной ваты BASWOOL ФАСАД 90 18 %, у образца с добавлением минеральной ваты KNAUF Insulation TR 040 12,6 %.

Заключение

Установлено оптимальное содержание добавки, за счет которого достигается наиболее значительное увеличение физико-механических параметров образцов. Введение 0,4 % измельченной непросеянной минеральной ваты BASWOOL ФАСАД 90 позволило увеличить прочность на изгиб материала на 47,2 %, на сжатие – на 57,3 %, а введение измельченной непросеянной минеральной ваты KNAUF Insulation TR 040 позволило увеличить прочность на 43,4 и на 31,6 % на изгиб и сжатие соответственно.

При анализе результатов дифференциально термического анализа было выявлено изменение характера пика инверсии CaSO₄; более полный переход полуводного гипса в двухводный гипс, что подтверждает увеличение потери массы. Из всего вышеперечисленного следует вывод, что добавка имеет не просто армирующий характер, но и влияет на структуру материала в целом.

Список использованных источников

1. Беккер, Ю. Спектроскопия / пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. – Москва : Техносфера, 2009. – 528 с.
2. Булычев, Г. Г. Смешанные гипсы. Производство и применение в строительстве. – Москва, 1952. – 134 с.
3. Копелянский, Г. Д. Стойкость гипсовых вяжущих против влажностных влияний при нормативных и повышенных температурах // Сб. трудов Ростгипса. – 1947. – Вып. 4. – С. 21–32.
4. Физико-химические свойства и долговечность строительных материалов : учеб. пособие / Г. И. Яковлев [и др.]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2015. – 81 с.
5. Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков, З. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – Москва : Высшая школа, 1981. – 197 с.

Е. В. Суворова, магистрант, ekterina_suvorovaa@mail.ru
Е. М. Микрюкова, ст. преподаватель, t90q@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Удаление этиленгликоля из сточных вод аэропорта, в том числе его регенерация

Система водоснабжения и водоотведения является неотъемлемым компонентом многих предприятий, в том числе аэропортов, а промышленные стоки являются одним из наиболее существенных путей поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

Поверхностные стоки аэропорта являются источником серьезного экологического загрязнения из-за использования антигололедных реагентов и противообледенительных жидкостей. Отходы противообледенительной жидкости на основе этиленгликолей относятся к отходам III класса опасности [1, 2].

В статье рассмотрены особенности системы водоотведения аэропортов как промышленных предприятий и предложены возможные пути модернизации системы очистки сточной воды.

Ключевые слова: очистка ливневых стоков, регенерация этиленгликоля, водоотведение аэропортов, очистные сооружения, сточные воды аэропорта.

Введение

При функционировании аэропортов образуются опасные сточные воды. Самым опасным компонентом отходов работы аэропортов является этиленгликоль, который относится к III классу опасности.

Источниками образования отходов являются воздушные средства. В процессе противообледенительной обработки на территории аэродрома образуется до 1000 м³ сточных вод в сутки с концентрацией этиленгликоля выше 20–30 мг/л, что превосходит ПДК в сотни раз [3, 4].

Опасными свойствами данных отходов является их токсичность и пожароопасность; также при воздействии отходов III класса опасности на окружающую среду нарушается экологическая система, и период ее восстановления составляет не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника загрязнения [3].

Неконтролируемый слив использованной в аэропорту воды в природные водоемы недопустим. Основные виды загрязнений их концентрация и требования к очищенным стокам приведены в таблице 1.

Сбрасывать такие стоки в водоемы строго запрещено, поэтому после обработки воздушных судов отходы противообледенительной жидкости собираются с перрона спецтехникой, транспортируются до резервуаров временного

накопления и передаются в дальнейшем на обезвреживание в специализированную организацию, имеющую соответствующую лицензию на утилизацию и обезвреживание опасных отходов I–IV классов опасности [5, 6].

Таблица 1. Сводная таблица основных загрязнений сточных вод аэропорта, их концентрация и требования к качеству очищенного стока.

Наименование загрязнений	Концентрация в сточных водах	Требования к качеству очищенного стока	
		При выпуске на рельеф	На технические нужды
Углеводороды, мг/л	5–10	0,05	0,1–0,3
Различные примеси, мг/л	до 100	3	5–10
Аммонийный азот, мг/л	6–50	0,39	0,39
Этиленгликоль, мг/л	30	0,25	0,25

Задача очистки сточных вод от этиленгликоля является одной из приоритетных, а сложность очистки данных стоков обусловлена высокой химической стойкостью, высокой концентрацией этиленгликоля в сточных водах, превышающей ПДК, а также, хорошей растворимостью этиленгликоля.

Схема регенерации этиленгликоля

Вместо утилизации отходов III класса опасности было бы более экологичным извлекать этиленгликоль из сточных вод, доводить до нужной концентрации и использовать его повторно.

На рисунке 1 представлена схема, предусматривающая получение насыщенного раствора этиленгликоля с возможным последующим добавлением в него присадок и получение готовой противообледенительной жидкости для повторного использования.

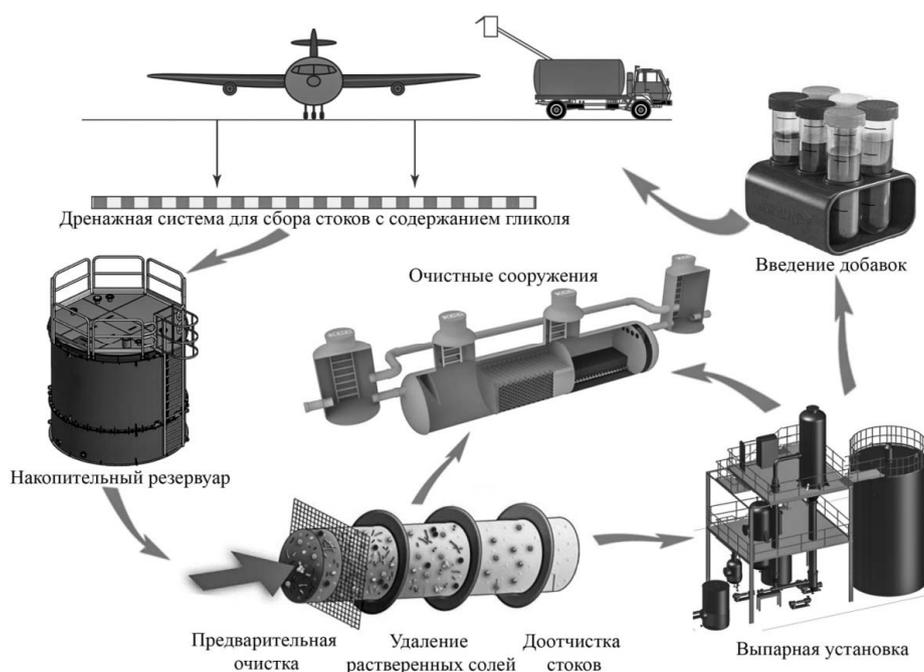


Рис. 1. Схема регенерации противообледенительных жидкостей

Этапы регенерации этиленгликоля:

1. Прием и слив водного раствора этиленгликоля из автомобильного транспорта в промежуточные емкости через фильтр-отстойник грубой очистки.

2. Очистка водного раствора этиленгликоля на блоке тонкой и сверхтонкой очистки от механических примесей. На данном этапе происходит удаление взвешенных веществ, песка, пыли из водного раствора этиленгликоля для обеспечения работы технологического оборудования.

3. Накопление и хранение водного раствора этиленгликоля в сырьевом резервуарном парке для сглаживания сезонных колебаний объемов поступающего раствора, сглаживания фракционного состава и постоянства производительности технологической установки.

4. Отделение воды в два этапа на ректификационных колоннах технологической установки.

5. Отделение остатков воды и красителей, поверхностно активных веществ в блоке адсорбции.

6. Накопление и хранение этиленгликоля в товарном резервуарном парке.

7. Налив в автоцистерны для поставки потребителю.

Данная схема подразумевает получение готовой продукции: этиленгликоля высшего и первого сортов.

Характеристики исходного сырья и требования к готовому продукту показаны в таблицах 2 и 3 соответственно.

Таблица 2. Характеристики исходного сырья

Наименование показателя	Показатель
Состав, % масс.:	
– этиленгликоль	6–15
– вода	85–94
– прочие примеси (ПАВ, красители и др.)	до 0,1
Содержание механических примесей, %, не более	до 1,5
Размеры механических примесей, мкм	более 1
Р	6,0–7,0
Цвет	Бледно-розовый с серым оттенком от механических примесей*

* Цвет может изменяться в зависимости от типа исходной противообледенительной жидкости и применяемого красителя.

Таблица 3. Требования к этиленгликолю высшего и первого сорта

Наименование показателя	Норма	
	Высший сорт ОКП 242212 0120	1-й сорт ОКП 24 22120130
Массовая доля этиленгликоля, %, не менее	99,8	98,5
Массовая доля диэтиленгликоля, %, не более	0,05	1,0
Массовая доля воды, %, не более	0,1	0,5

Наименование показателя	Норма	
	Высший сорт ОКП 242212 0120	1-й сорт ОКП 24 22120130
Массовая доля остатка после прокаливания, %, не более	0,001	0,002
Массовая доля железа (Fe),%, не более	0,00001	0,0005
* Цвет в единицах Хазена, не более:		
– в обычном состоянии	5	20
– после кипячения с соляной кислотой	20	Не нормируется

Материальный баланс

При функционировании данной схемы переработки гликольных отходов в процессе дистилляции получается отпаренный водный конденсат, представляющий собой слабоминерализованную (до 5 мг/дм³) воду с возможным периодическим содержанием малого количества этиленгликоля (до 1000 мг/дм³).

Предусматривается использование отпаренного водного конденсата:

- для подпитки водой технологического оборудования;
- для промывки адсорбента в процессе регенерации;
- для подпитки ёмкостей противопожарного запаса воды установки;
- для подпитки системы водяного подогрева емкостей и резервуаров и системы отопления зданий.

При переработке исходного сырья в год будет выделено примерно 1,5 % от объема сырья механических примесей, представляющих собой смесь минеральных частиц различной фракции. Утилизацию механических примесей следует производить в качестве отхода в соответствии с национальным стандартом в специализированной организации.

По итогу получается 11,9 % (от общего объема сырья) этиленгликоля 1-го и высшего сорта с концентрацией 98,5 и 99,8 % соответственно.

Предполагаемый материальный баланс установки представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Материальный баланс

Применение этиленгликоля

Сегодня этиленгликоль широко применяется в самых разных отраслях промышленности:

– органический синтез. Вещество характеризуется высокой химической активностью, поэтому подходит в качестве растворителя для красящих материалов, средства защиты карбонильных групп, применяется при создании авиационного топлива для самолетов и вертолетов, способствует снижению обводнения горючих смесей;

– газодобыча.

Одной из основных областей, где применяется этиленгликоль, является производство охлаждающих жидкостей, также его добавляют при изготовлении антифризов и в качестве теплоносителя в системах отопления и кондиционирования зданий [4].

Выводы

Полученный концентрат можно использовать в технологических схемах подготовки природных газов к транспортировке как базовое вещество, используемое для производства теплоносителей; транспортных системах и оборудовании, применяемом для охлаждения и отопления и, конечно, для противообледенительных жидкостей.

Данное решение проблемы очистки сточных вод от этиленгликоля требует тщательной проработки экономической части. Необходимо учитывать тенденцию развития аэропортов, объемы используемых противообледенительных жидкостей, стоимость чистого этиленгликоля и готовых противообледенительных жидкостей, а также стоимость строительства подобного сооружения.

Список использованных источников

1. *Лихачев, Н. И.* Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – Москва : Стройиздат, 1981. – 638 с.
2. *Алексеев, М. И.* Организация отведения поверхностного стока (дождевого и талого) с урбанизированных территорий / М. И. Алексеев, А. М. Куранов. – Москва ; Санкт-Петербург, 2000.
3. *Astebol, S. O.* Sustainable stormwater management at Fornebu - from an airport to an industrial residential area of the city of Oslo, Norway. Elsevier Science of the total Environment, 334-335, 2004, 239-249.
4. *Воробьев, Ф. П.* Отечественные противогололедные реагенты для ВПП аэродромов // Аэропорты. Прогрессивные технологии. – 2001. – № 1.
5. *Bernhard, M.* Aerobic biodegradation of polyethylene glycols of different molecular weights in wastewater and seawater. Elsevier Water research, 2008, 42, 4791-4801.
6. *Жмаков, Г. Н.* Разработка и реализация проектов очистных сооружений ливневых стоков аэропортов страны // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 6. – С. 151–153.

В. Г. Суфиянов, доктор технических наук, профессор, vsufiy@mail.ru
Д. А. Клюкин, anatoliikljukin@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Построение и анализ качества структурированных расчетных сеток для простейших объемных тел*

Построение качественных расчетных сеток объемных тел является важной задачей математического моделирования физических процессов методом конечных элементов. В статье представлены методы построения структурированных сеток для простейших плоских фигур и объемных тел, а также критерии оценки качества построенных сеток. Разработано программное обеспечение построения, анализа и визуализации расчетных сеток. Рассмотрены примеры построения структурированных сеток и представлены результаты анализа их качества.

Ключевые слова: расчетная сетка, построение структурированной сетки, анализ качества расчетных сеток, объемные тела, математическое моделирование.

Введение

Разработка методов решения задач прочности, гидро- и газодинамики связана с развитием вычислительной техники начиная 50-х годов XX века. Эти методы непрерывно совершенствуются и пользуются высоким спросом среди исследовательских центров и промышленных компаний. Современные методы конечных разностей, конечных элементов, дискретных элементов [1] позволяют моделировать физические процессы в сложных областях.

Важной частью метода конечных элементов является разбиение исходной области на конечное число подобластей [2]. В плоском случае этими областями являются фигуры, в трехмерном – объемные тела. Форма и размеры тел могут быть произвольными, однако предпочтительно соблюдать следующие принципы: объемы близких ячеек должны иметь аналогичный порядок и отличаться от машинного нуля; следует избавляться от свободных узлов и ребер; разброс углов между ребрами внутри элемента не должен превышать допустимые пределы; желательно чтобы форма элементов была правильной.

На данный момент существует множество коммерческих программ для решения инженерных задач на основе суперкомпьютерного математического моделирования физических процессов, таких как ANSYS, MSCNastran, CalculiX, ЛОГОС и др., в которых реализованы различные алгоритмы построения структурированных и неструктурированных сеток [3]. Как правило, коммерческие программы общего назначения имеют высокую стоимость и содер-

© Суфиянов В. Г., Клюкин Д. А., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00072\21.

жат ряд ограничений по их использованию в научно-исследовательской работе. Кроме того, возникают сложности, связанные с интеграцией коммерческих продуктов с другими программами, а также невозможностью решения с их помощью ряда специфических задач.

Различают неструктурированные и структурированные (регулярные) сетки, которые отличаются наличием упорядоченных сеточных узлов. Алгоритм построения неструктурированной сетки, составленной из тетраэдров, обладает рядом преимуществ. Основное преимущество состоит в относительной простоте построения сетки для любого тела со сложной геометрией. Существует множество методов построения неструктурированной сетки, которые основываются на алгоритме триангуляции Делоне [4]. Кроме того, во многих программах математического моделирования физических процессов, например, Open FOAM, Elmer, Free Fem++, GetDP+Gmsh используются готовые библиотеки построения сеток, такие как NetGen, TetGen, mmg3d и др.

Построение структурированной сетки в общем случае более сложная задача по сравнению с неструктурированной сеткой. Однако с вычислительной точки зрения преимущества структурированной сетки, составленной из гексаэдров, очевидны. Во-первых, количество гексаэдров, заполняющих одну и ту же область, будет существенно меньше по сравнению с тетраэдрами с сопоставимыми длинами ребер, что позволяет сократить объем вычислений. Во-вторых, вычисления на структурированной сетке будут более устойчивыми при соблюдении ортогональности сеток.

Построение плоских структурированных сеток

В разрабатываемом программном обеспечении объекты моделирования представляют собой объемные тела, получаемые вращением или вытягиванием плоских фигур. В этой связи были реализованы возможности построения структурированных сеток для простых фигур, таких как прямоугольник, кольцо, круг [4], и, соответственно, объемных тел, полученных методами вращения и вытягивания.

Рассмотрим алгоритмы построения структурированной сетки для плоских фигур с указанными параметрами:

- прямоугольник (рис. 1, *a*), заданный двумя точками (x_0, y_0) и (x_1, y_1) ;
- кольцо (рис. 1, *b*), заданное центром (x_0, y_0) , внутренним и внешним радиусами r_1 и r_2 ;
- окружность (рис. 1, *в*), заданная центром (x_0, y_0) и радиусом r .

Обозначим через I и J число разбиений расчетной области по координатным осям, соответственно, Ox и Oy . Тогда координаты узлов для структурированной сетки в прямоугольнике рассчитываются по формуле

$$x_{ij} = x_0 + i \cdot \Delta x, \quad y_{ij} = y_0 + j \cdot \Delta y, \quad i = 0, 1, \dots, I, \quad j = 0, 1, \dots, J,$$

где $\Delta x = (x_1 - x_0)/I$ – шаг по оси Ox ; $\Delta y = (y_1 - y_0)/J$ – шаг по оси Oy .

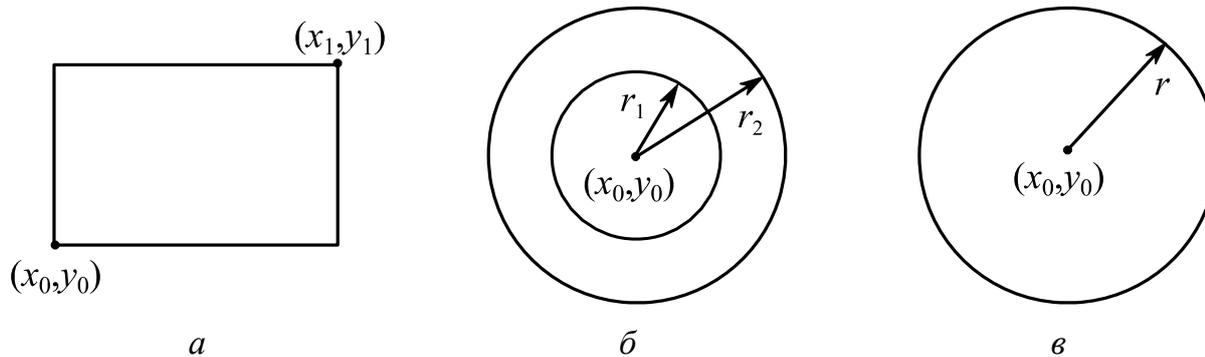


Рис. 1. Параметры простейших плоских фигур:
a – прямоугольник; *б* – кольцо; *в* – окружность

В результате разбиения получаем набор из $(I+1)(J+1)$ узлов, $2IJ + I + J$ ребер и IJ конечных элементов в виде прямоугольников размером Δx на Δy .

Координаты узлов расчетной сетки для кольца определяются из параметрических соотношений

$$x_{ij} = x_0 + (r_1 + i\Delta r) \cdot \cos(j\Delta\varphi), \quad y_{ij} = y_0 + (r_1 + i\Delta r) \cdot \sin(j\Delta\varphi),$$

$$i = 0, 1, \dots, I, \quad j = 0, 1, \dots, J - 1,$$

где I и J – число разбиений расчетной области в радиальном и угловом направлениях; $\Delta r = (r_2 - r_1)/I$, $\Delta\varphi = 2\pi/J$ – размер шага в радиальном и угловом направлениях. В результате разбиения получаем набор из $(I+1)J$ узлов, $2IJ + J$ ребер и IJ четырехугольных конечных элементов.

Задача построения расчетной сетки фигуры образованной окружностью более сложная. Если рассмотреть приведенный выше алгоритм построения сетки для кольца (2), то можно заметить, что в центральной области, четырехугольные элементы вырождаются в треугольные. Построение же структурированной сетки предполагает, что все конечные элементы должны иметь одинаковую форму.

Рассмотрим следующий алгоритм построения структурированной сетки для плоской фигуры ограниченной окружностью. Выделим внутри окружности квадрат со стороной a с центром, совпадающим с центром окружности и сторонами, параллельными осям координат. Длина диагонали квадрата $\sqrt{2}a$ должна быть меньше диаметра окружности $\sqrt{2}a < 2r$. Длину стороны квадрата примем равным радиусу окружности $a = r$ (рис. 2, *a*), что удовлетворяет указанному неравенству.

Соединим угловые точки квадрата с ближайшей точкой на окружности. В результате получаем фигуру, состоящую из 5 частей (рис. 2, *a*). Центральная часть представляет собой частный случай прямоугольника – квадрат, в котором построим сетку из I квадратных конечных элементов по алгоритму (1).

Построения сетки в оставшихся 4 частях будет идентичным построению сетки в области, ограниченной фигурой $ABCD$ (рис. 2, б), с точностью до поворота на угол, кратный $\pi/2$.

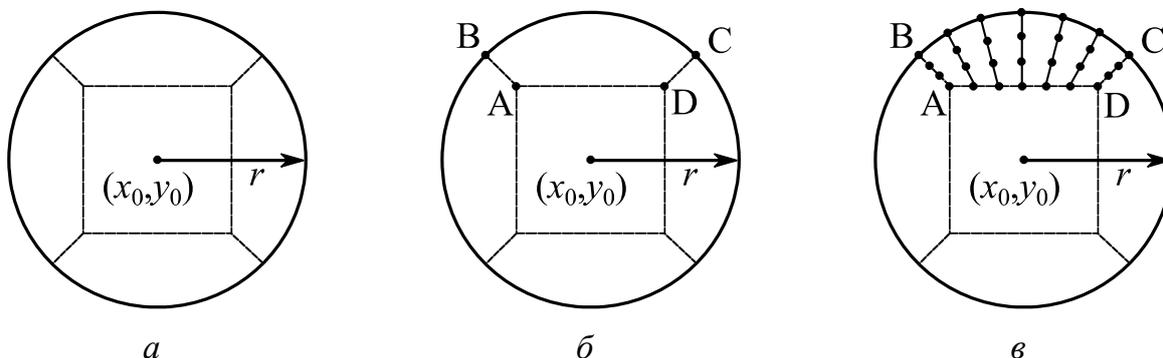


Рис. 2. Разбиение фигуры, ограниченной окружностью, на простейшие фигуры для построения сетки

Алгоритм построения сетки в области, ограниченной фигурой $ABCD$, аналогичен построению сетки на прямоугольнике. Отрезки AB и CD равномерно разбиваются на J частей. На отрезке AD уже имеются $I + 1$ точки, полученные в результате построения квадратной сетки. Дуга BC также равномерно разбивается на I частей. В результате на дуге BC получаем $I + 1$ точек, которые соединяем отрезками с соответствующими узлами на AD и равномерно разбиваем на J отрезков (рис. 2, в).

Построение объемных структурированных сеток

Добавим ось координат Oz перпендикулярно к плоской системе координат Oxy и переместим рассматриваемую плоскость на расстояние z_0 по оси Oz . Вытягивание будем осуществлять по направлению заданного вектора $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)^T$ до плоскости параллельной плоскости Oxy , расположенной на расстоянии z_1 от нее. Алгоритм вытягивания позволяет построить структурированную объемную сетку с гексагональными элементами, координаты узлов которой определяются следующим образом:

$$x_{ijk} = x_{ij} + k \cdot \Delta x', \quad y_{ijk} = y_{ij} + k \cdot \Delta y', \quad z_{ijk} = z_{ij} + k \cdot \Delta z', \quad k = 0, 1, \dots, K,$$

где K – число разбиений расчетной области в направлении вектора \vec{v} ; $\Delta x', \Delta y', \Delta z'$ – длина шагов по осям Ox , Oy и Oz , в направлении которых происходит вытягивание.

В рассматриваемом случае, когда плоская фигура располагается в плоскости $z_{ij} = z_0$, метод вытягивания позволяет строить близкую к ортогональной объемную сетку при условии, что шаг вытягивания по оси Oz значительно превышает шаги по осям Ox и Oy : $\Delta z' \gg \Delta x'$ и $\Delta z' \gg \Delta y'$, например, при $\vec{v} = (0, 0, 1)$.

Рассмотрим метод построения сетки тела, полученного вращением фигуры, расположенной в верхней полуплоскости Oxy ($y > 0$), относительно оси вращения $\vec{w} = (1, 0, 0)^T$. Координаты узлов элементов при повороте на угол $\theta_k = 2\pi k$, $k = 0, 1, \dots, K - 1$, определяются с помощью матрицы поворота [5]:

$$\begin{pmatrix} x_{ijk} \\ y_{ijk} \\ z_{ijk} \end{pmatrix} = \mathbf{M}(\theta_k) \cdot \begin{pmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \\ z_{ij} \end{pmatrix},$$

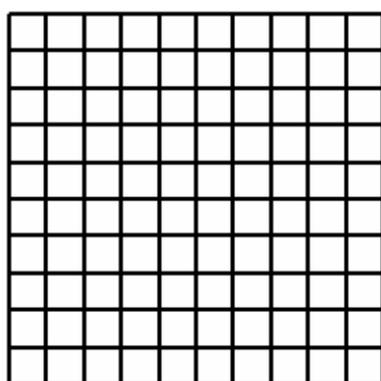
где $\mathbf{M}(\theta)$ – матрица, определяемая по формуле

$$\mathbf{M}(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & \sin \theta \end{pmatrix}.$$

Методом вращения можно получить сетку, близкую к ортогональной. Конечные элементы тела вращения в данном случае не будут пересекаться вследствие расположенной фигуры в верхней полуплоскости.

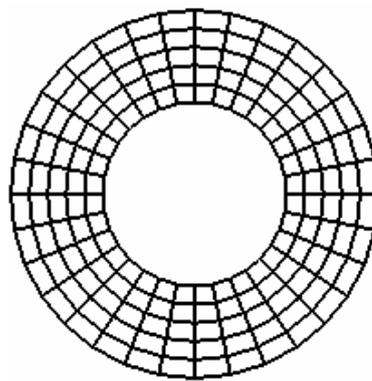
Результаты математического моделирования

Анализ результатов построения сеток проводился в разработанной программе на языке C# с использованием средств визуализации OpenGL. Примеры сеток, построенных по описанным выше алгоритмам, представлены на рисунке 3.



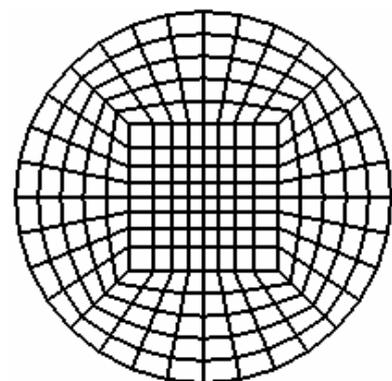
a

$$(x_0, y_0) = (0, 0), (x_1, y_1) = (1, 1), \\ I = 10, J = 10$$



б

$$(x_0, y_0) = (0, 0), r_1 = 0,5, \\ r_2 = 1, I = 5, J = 32$$



в

$$(x_0, y_0) = (0, 0), r = 1, \\ a = 0,8, I = 5, J = 5$$

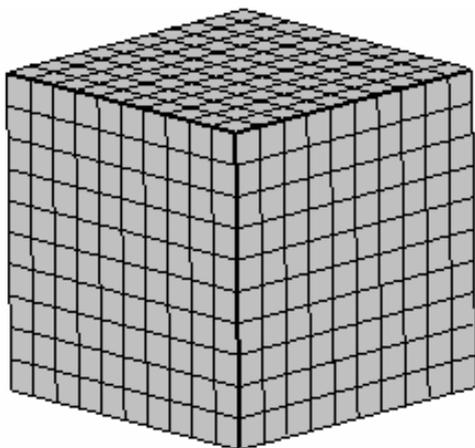
Рис. 3. Сетки на плоских геометрических фигурах:

a – прямоугольник; *б* – кольцо; *в* – круг

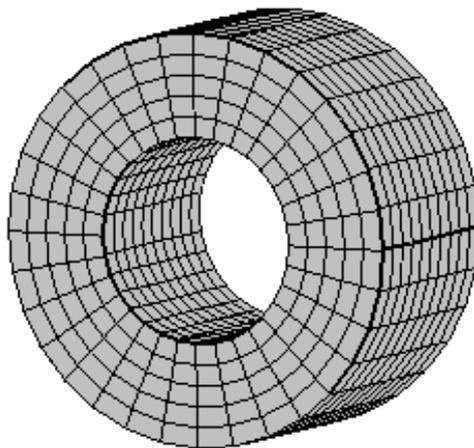
Далее построим сетки для тел, полученных с помощью вытягивания (рис. 4, *a–в*) и тел вращения (рис. 4, *г*).

Оценка качества построенных сеток проводилась на основе сравнения площадей и объемов созданных сеточных объектов с их реальными размерами. Сеточный размер определялся как сумма площадей и объемов конечных эле-

ментов соответствующих фигур и тел, а реальный размер – по известным формулам [6].



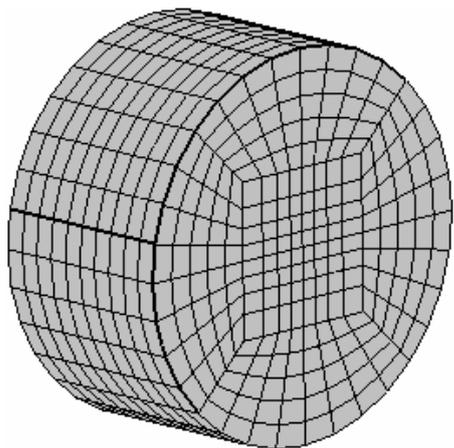
a



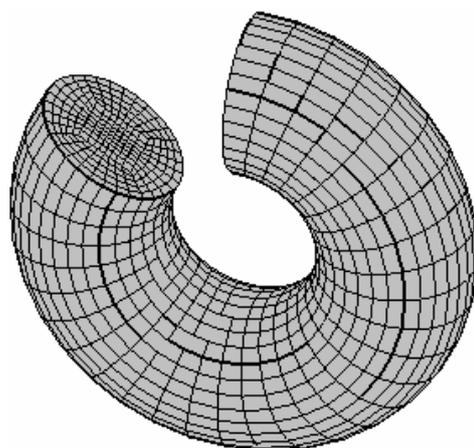
б

$$(x_0, y_0) = (0, 0), (x_1, y_1) = (1, 1), \vec{v} = (0, 0, 1), \quad (x_0, y_0) = (0, 0), r_1 = 0,5, r_2 = 1, \vec{v} = (0, 0, 1),$$

$$z_0 = 0, z_1 = 2, I = 10, J = 10, K = 10 \quad z_0 = 0, z_1 = 1, I = 5, J = 32, K = 10$$



в



г

$$(x_0, y_0) = (0, 0), r = 1, \vec{v} = (0, 0, 1), \quad (x_0, y_0) = (0, 2), r = 1, a = 0,8, \vec{w} = (1, 0, 0),$$

$$z_0 = 0, z_1 = 1, I = 5, J = 32, K = 10 \quad z_0 = 0, I = 5, J = 32, K = 30$$

Рис. 4. Сетки на объемных геометрических фигурах:
a – параллелепипед; *б* – цилиндрическая труба; *в* – цилиндр; *г* – тор

При оценке геометрических размеров фигуры F будем пользоваться формулой [3]

$$G(F) = \frac{L_{\max}}{L_{\min}},$$

где L_{\max} и L_{\min} – соответственно, наибольшая и наименьшая длины ребер для фигуры F .

При оценке критерия максимального и минимального угла будем использовать формулу для вычисления угла между ребрами:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{\overline{ab}}{|\overline{a}| |\overline{b}|} \right),$$

где α – угол между ребрами фигуры; \overline{a} и \overline{b} – вектора, построенные на вершинах фигуры.

Результаты расчета количественных характеристик созданных плоских структурированных сеток и сеток объемных тел представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Оценка качества сеток плоских фигур

Фигура	Сеточный размер	Реальный размер	Отклонение, %	Медианное значение $G(F)$	Минимальный угол, град	Максимальный угол, град
Прямоугольник	1	1	0	1	90	90
Кольцо	2,34	2,35	0,68	1,6	84	96
Круг	3,12	3,14	0,64	1,6	56	134

Таблица 2. Оценка качества сеток объемных тел

Фигура	Сеточный размер	Реальный размер	Отклонение, %	Медианное значение $G(F)$	Минимальный угол, град	Максимальный угол, град°
Параллелепипед	1	1	0	1	90	90
Цилиндрическая труба	2,34	2,35	0,68	1,6	84	96
Цилиндр	3,12	3,14	0,64	1,6	60	130
Тор	35,7	39,47	10,58	4	75	105

Как видно из таблиц, максимальная разница сеточных и реальных размеров рассматриваемых фигур и тел составляют 10,6 % для тороида, в остальных примерах не превышает 1 %. Кроме того, конечные элементы в построенных структурированных сетках обладают допустимыми угловыми характеристиками за исключением таких объектов как кольцо и цилиндр, в которых необходимо оптимизировать параметры методами, указанными, например, в работе [7]. Разработанные алгоритмы позволяют строить адекватные расчетные сетки на простых фигурах и объемных телах, образованных вытягиванием и вращением.

Выводы

Таким образом, в работе рассмотрены основные методы построения простейших структурированных сеток плоских фигур и объемных тел для программного комплекса.

Проведен анализ основных характеристики структурированных сеток, такие как площадь и объем, геометрический размер, минимальный и максимальный углы.

Анализ результатов показывает, что разработанные геометрические алгоритмы позволяют в начальном приближении строить вполне адекватные расчетные сетки для простейших тел, получаемых вытягиванием и вращением.

Список использованных источников

1. *Галлагер, Р.* Метод конечных элементов. – Москва : Мир, 1984. – 428 с.
2. *Courbet B., Benoit C., Couaillier V., Haider F., LePape M.C., Péron S.* Space Discretization Methods. Aerospace Lab Journal, Is. 2, March 2011, pp. 1-14. – URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01182463/document>
3. Обзор возможностей по обработке геометрических и построению сеточных моделей в ЛОГОС.Препост / В. Ф. Фархутдинов, В. И. Тарасов, А. Н. Соловьев [и др.] // Труды XIV Международной конференции «Супервычисления и математическое моделирование». – 2013. – С. 585–592.
4. *Thompson J.F., Soni B.K., Weatherill N.P.* Handbook of Grid Generation. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1999, 1136 p.
5. *Бронина Т. Н.* Алгоритм построения начальных трехмерных структурированных сеток для областей вращения // Труды института математики и механики УрО РАН. – 2008. – Т. 14, № 1. – С. 3-10.
6. *Бронштейн, И. Н.* Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва : Наука, 1981. – 721 с.
7. *Ушакова, О. В.* Алгоритмы оптимизации трехмерных сеток для областей вращения // Труды института математики и механики УрО РАН. – 2008. – Т. 14, № 1. – С. 150–180.

А. С. Тугбаева, бакалавр, anastasia_tugbaeva@mail.ru
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

В. Н. Милич, кандидат технических наук, mili@udman.ru
ФТИ УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск

Методы поиска скрытых закономерностей в отраженных гидроакустических сигналах

В течение последних десятилетий наблюдается интенсивный рост интереса к разработке гидроакустических систем, которые позволяют решать задачи сбора океанографических данных, оценки загрязнений окружающей среды, геологической разведки и разработки подводных месторождений полезных ископаемых. Целью настоящей работы является разработка методов искусственного интеллекта, позволяющих распознавать исследуемые объекты по отраженным гидроакустическим сигналам. Для достижения поставленной цели в работе проводится анализ отраженных различными подводными объектами гидроакустических сигналов, направленный на поиск скрытых в этих сигналах закономерностей. Экспериментальный материал в виде набора эхосигналов получен в опытовом бассейне. В статье описывается алгоритм применения метода периодограмм Шустера по схеме Бюй – Балло для анализа отраженных гидроакустических сигналов с целью распознавания формы и размеров исследуемых объектов.

Ключевые слова: гидроакустика, подводный объект, гидроакустический эхосигнал, искусственный интеллект, анализ периодограмм.

Введение

Гидроакустика является одним из эффективных средств изучения Мирового океана. Гидроакустические сигналы – акустические колебания, которые распространяются в водной среде и несут информацию об их источнике. Эти сигналы имеют применение в эхолокации подводных объектов, целью которой является их обнаружение, координирование, распознавание, а также для навигации и связи.

Развитие методов обнаружения подводных объектов с использованием гидроакустических приборов имеет давнюю историю. Первые эксперименты по обнаружению подводных объектов были выполнены в США в 2010 г. Профессор Фессенден разработал вибратор, работающий по принципу электродинамического излучателя в подводной среде. Этими приборами в 1915 г. были оборудованы несколько российских кораблей, включая крейсер «Аврора». Активное использование гидроакустического оборудования для обнаружения подводных и надводных объектов относится к 40-м годам XX века.

В настоящее время гидроакустические методы получения информации о подводных объектах благодаря научно-техническому и технологическому развитию цивилизации получили новый толчок. К современным средствам изучения подводной среды относятся гидролокаторы бокового и секторного обзора, интерферометрический гидролокатор бокового обзора, многолучевой эхолот, различные модели звуковизоров [1].

Звуки в водной среде распространяются дальше, чем в воздушной. Вместе с тем на распространение звука в воде, кроме затухания, влияет ряд факторов, которые в воздушной среде имеют меньшее значение. Это рефракция звука, рассеяние звука, его поглощение неоднородностями водной среды такими, как неоднородность и дрейф температуры, солености и плотности. Рефракция приводит к искривлению пути звукового луча. Рассеяние и поглощение звука неоднородностями водной среды приводит к поглощению энергии звукового сигнала и появлению реверберации звука, которая выражается в послезвучании в водной среде после выключения источника звука из-за многократных отражений и из-за рассеяний на неоднородностях. Все перечисленные явления вызывают существенное искажение и зашумление эхосигнала, который является основным источником информации о подводном объекте для гидроакустических приборов.

Решение этих проблем заключается в использовании современных методов извлечения полезной информации их данных измерений. Гидроакустические сигналы являются носителями частотных, временных, энергетических и пространственных характеристик. Поэтому основой анализа подводной среды и находящихся в ней объектов с целью мониторинга и сбора данных об этих объектах может являться использование методов искусственного интеллекта при обработке гидроакустических сигналов. Существенной особенностью таких работ является то, что на глубинах более 300 м ни аквалангисты, ни водолазы действовать не могут. Цель настоящей разработки – создание алгоритмических основ системы подводного видения роботов, обладающих элементами искусственного интеллекта. Системы подводного видения позволят различать объекты на пути движения робота, определять характеристики объектов путем поиска скрытых в отраженных эхосигналах закономерностей и поставлять результаты своей работы человеку. Областью применения таких систем могут являться, например, подводные механизмы добычи полезных ископаемых.

Работа экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки выглядит следующим образом. В бассейн помещаются излучатель, который подает гидроакустические колебания на исследуемый объект, расположенный под водой, и приемник, который принимает отраженный гидроакустический сигнал от объекта. Примеры исследуемых подводных объектов и формы отраженных от них сигналов приведены на рисунке 1.

Отмеченный приемником эхосигнал транслируется в компьютер и подвергается анализу методом периодограмм А. Шустера [2, 3], основанном на схеме Бюй – Балло [4]. Предобработка заключается в сглаживании периодо-

граммы и устранении ложных пиков путем дробления временного ряда и его усреднения по соседним частотам. Каждая компонента подвергается анализу, приводящему к выявлению тенденции ряда. Практически невозможно исключить влияние случайных величин на протекание процесса, поэтому требуется выяснить их значимость и при необходимости исключить для получения более гладких результатов.

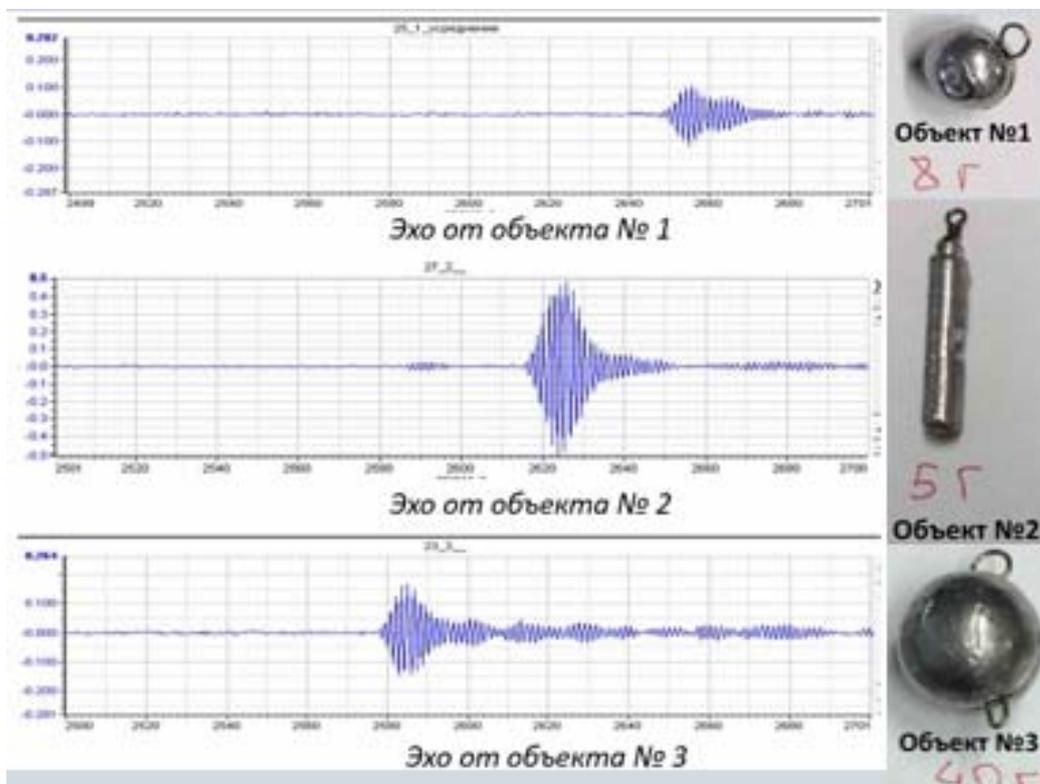


Рис. 1. Эхосигналы от исследуемых объектов

Таким образом, исследование временного ряда методом разбиения ряда проводится для определения характера протекающего процесса. После предобработки периодограммы готовы к последующему анализу с целью поиска скрытых в них закономерностей, которые позволяют оценить характеристики объекта и окружающей его среды.

Метод Шустера

Метод периодограмм (метод А. Шустера), как принято считать, применяется для оценки спектра мощности при анализе равномерных временных рядов. Пусть центрированный эргодический случайный процесс $x = x(t)$ задан конечным набором вещественных значений $x_k = x(t_k)$ на равномерной временной сетке $t_k = \Delta tk$; $t = 0, 1, \dots, L-1$, где Δt является постоянной величиной и называется шагом выборки. В таком случае оценка спектра мощности – периодограмма $D(f_s)$ – может быть задана следующей формулой:

$$D(f_s) = \frac{1}{L^2} \left| \sum_{k=0}^{L-1} x_k e^{-i2\pi f_s t_k} \right|^2,$$

где f_s – представление частоты, связанное с круговой частотой соотношением $\omega = 2\pi f_s$.

Шустером А. было предложено использование усреднения значений периодограммы Sh , которые были получены для различных отрезков последовательности данных (период T является фиксированным), что служит источником сглаживания периодограммы и ликвидации ложных пиков.

Приложение метода периодограмм для оценки данных простого сигнала конечной длительности и заданной частоты.

Во-первых, необходимо определить коэффициенты Фурье A_k и B_k для отыскиваемой частоты сигнала для настоящего положения окна

$$A_k = \sum_{n=1}^N x(n) \cos(2\pi f_{s_0} n), \quad B_k = \sum_{n=1}^N x(n) \sin(2\pi f_{s_0} n),$$

где n – номер отсчета внутри рассматриваемого «окна»; k – номер дискретного отсчета входного сигнала, соответствующего первому отсчету в анализируемом «окне»; f_{s_0} – подлежащая нахождению, несущая частота сигнала; N – длина окна в дискретных отсчетах.

На втором этапе реализовывается вычисление значения квадрата усредненной огибающей Sh_k на основе рассчитанных ранее коэффициентов Фурье A_k и B_k

$$Sh_k = A_k^2 + B_k^2.$$

Далее значения Sh_k сравниваются между собой с целью нахождения максимального Sh_{\max} . По окончании данного процесса в памяти сохраняются его номер отсчета k и значения коэффициентов A_k и B_k .

Следующий шаг заключается в сдвиге окна на смещение dS вдоль анализируемого временного ряда, которое задается желаемой допустимой способностью. Минимальным значением смещения является один дискретный отсчет.

Если достигается конец рассматриваемого отрезка, то k считаем номером дискретного отсчета входного сигнала, определяющим последнее максимальное усредненное значение Sh_{\max} , совпадает с моментом обнаружения сигнала. Иначе – начинаем алгоритм заново.

Вычислительная схема Бюй – Балло предполагает разбиение интервала рассматриваемого процесса $x(t)$, представленного в виде непрерывной кривой или таблицы значений, на отрезки длиной T . Функция на каждом отрезке подвергается нахождению среднего арифметического значения. Необходимо выбрать количество отрезков $r > 15$ длиной T . Если r – нечетно, то, положив начало отсчета в точке kT , преобразование по схеме Бюй – Балло представимо следующим образом:

$$x^l(t) = \frac{1}{2 \cdot k + 1} \sum_{i=-k}^k x(t + l \cdot T).$$

Данное преобразование выделяет периодическую функцию с пробным периодом T . К тому же действенность селекции растет пропорционально отношению длительности рассматриваемого интервала к пробному периоду. Таким образом, связь наибольших отклонений $d = x_{\max}^{(l)} - x_{\min}^{(l)}$ от пробных периодов называется периодограммой, а ее пики идентичны потенциальным значениям периодов колебательных составных элементов анализируемого динамического ряда [5].

Заключение

Анализ отраженных от объекта гидроакустических сигналов позволяет сделать вывод о связи характеристик этих сигналов с геометрическими размерами и другими свойствами отражающих объектов. Связь характеристик сигнала со свойствами объекта может быть выявлена путем поиска скрытых закономерностей в отраженных сигналах. Один из таких путей – применение периодограммного анализа по методу А. Шустера. Результаты периодограммного анализа при их устойчивости на нескольких реализациях отраженного сигнала будут являться признаками для идентификации и определения характеристик отражающих объектов.

Список использованных источников

1. *Лекомцев, В. М.* Гидроакустические средства визуализации для необитаемых подводных аппаратов // Современные технологии автоматизации. – 2013. – № 3. – С. 78–82.
2. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана / А. В. Богородский, Г. В. Яковлев, Е. А. Корепин, А. К. Должиков. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
3. *Карабанов, И. В.* Алгоритмы обработки гидроакустических сигналов / И. В. Карабанов, А. С. Миронов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2018. – С. 32–44.
4. *Гутуров, А.* Применение методов выявления скрытых периодичностей в моделировании и оценке экономических рисков / Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева.
5. Математические методы исследования седиментационной цикличности. Методические рекомендации / Составители: Г. Ф. Букреева, Ю. Н. Карогодин, М. А. Левчук. – Новосибирск, 1985. – 99 с.

Г. В. Ходырев, студент, hodyrev.grigorii@mail.ru
С. А. Трефилов, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка лабораторного стенда на основе времяпролетной камеры для объемного сканирования объектов

Целью данной работы является разработка лабораторного стенда на основе времяпролетной камеры для объемного сканирования объектов. Представлены структурная схема стенда, описание его составных компонентов, принцип функционирования, математический алгоритм сведения снимков свремяпролетной камеры, прототип стенда, результаты построения облака точек пирамиды, на основе информации, полученной с камеры.

Ключевые слова: 3D-сканер, времяпролетная камера, лабораторный стенд, построение 3D-модели, облако точек.

Введение

В настоящее время 3D-сканирование является актуальной задачей для множества сфер: медицина, производство, архитектура и строительство, культура и искусство, обучение. 3D-сканер позволяет создавать геометрические копии реальных объектов в цифровом виде.

Разработка стенда выполняется для лаборатории «Системы технического зрения». Данный стенд будет также использоваться в учебных целях для формирования у будущих специалистов компетенций в области систем технического зрения и навыков работы с времяпролетными камерами и лабораторным оборудованием. Данные камеры можно назвать камерами глубины, они широко применяются в робототехнике, логистике и автоматизации производства.

Работа стенда

Структурная схема стенда представлена на рисунке 1.

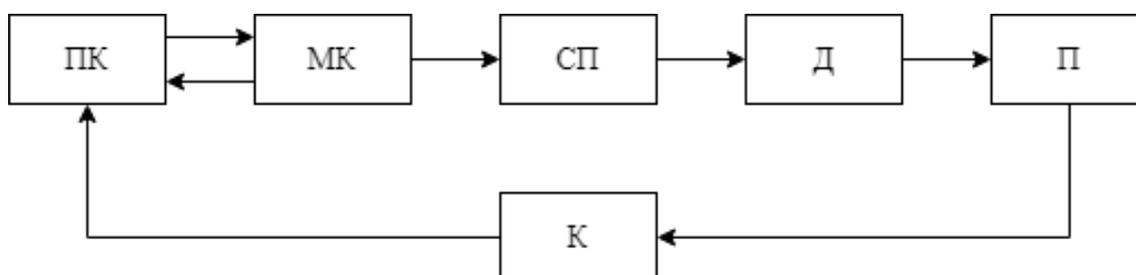


Рис. 1. Структурная схема стенда: ПК – пользовательский компьютер; МК – микроконтроллер; СП – силовой преобразователь; Д – двигатель; П – платформа; К – камера времяпролетная

Для построения 3D-модели объекта необходимо обеспечить его вращение относительно оси платформы, на которой он находится. Времяпролетная камера снимает объект и передает данные на ПК, где происходит обработка информации с камеры и построение объемной модели объекта.

Пользователь с помощью ПК отправляет команды на микроконтроллер по последовательному интерфейсу, микроконтроллер преобразует полученные команды в импульсы, идущие на силовой преобразователь, и после завершения генерации импульсов микропроцессорное устройство посылает на компьютер сигнал о завершении операции для того, чтобы выполнить снимок. Силовой преобразователь в соответствии с поданными на него импульсами осуществляет вращение вала двигателя, на который закреплена платформа, на заданный угол.

Для вращения платформы был выбран шаговый двигатель Nema 34 34HS5435, так как он обеспечивает необходимую точность позиционирования, повторяемость, не требует обратной связи по положению и скорости, имеет достаточно простой алгоритм управления и схему подключения.

В качестве силового преобразователя в данной установке выступает драйвер шагового двигателя DM860A.

Так как управление данным драйвером является импульсным можно применить в качестве устройства управления отладочную плату Arduino Nano, потому что данное решение удовлетворяет требованию по простоте, стоимости и функциональности системы управления.

Времяпролетная технология сканирования поверхности относительно других известных 3D-технологий (стереоскопическое зрение, структурированный свет, лазерная триангуляция) имеет следующие ключевые преимущества:

- большое расстояние до объекта съемки;
- высокое разрешение; средняя погрешность измерения значений глубины;
- низкая сложность программного обеспечения;
- высокое качество съемки в режиме реального времени и при слабой освещенности;
- высокая компактность;
- общая стоимость эксплуатации колеблется от низкой до средней [1].

В данной работе используется камера Fotonic P70. На рисунке 2 представлен собранный прототип лабораторной установки. Сканируемым объектом является бумажная пирамида, смещенная от оси вращения платформы.

Преобразуем облако точек, полученное с камеры, к виду

$$P_{3,n} = \begin{bmatrix} x_1 & \cdots & x_n \\ y_1 & \cdots & y_n \\ z_1 & \cdots & z_n \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где x_n , y_n , z_n – координаты точки снятого объекта.



Рис. 2. Прототип лабораторного стенда

Затем необходимо найти координаты x_0 , y_0 , z_0 оси вращения платформы и представить их в виде

$$m_{3,n} = \begin{bmatrix} x_0 & \cdots & x_0 \\ y_0 & \cdots & y_0 \\ z_0 & \cdots & z_0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Далее для поворота снимка применяется формула

$$P'_{3n} = R(\alpha)(P_{3,n} - m_{3,n}), \quad (3)$$

где R – матрица поворота на угол α относительно оси вращения вала двигателя.

Матрицы поворота относительно осей x, y, z представлены в виде формул (4), (5) и (6) соответственно [2]:

$$R_x(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix}; \quad (4)$$

$$R_y(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$R_z(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

В ходе эксперимента было сделано 8 снимков пирамиды при изменении положения вала двигателя на 45 градусов. Данные с камеры были обработаны в студенческой версии MATLAB. Результаты склейки облака точек представлены на рисунках 3–5.

Для наглядности облака точек, принадлежащие разным снимкам, окрашены в отличные друг от друга цвета.

Заключение

Таким образом, разработанный прототип установки выполняет свое функциональное назначение – осуществляет управление шаговым двигателем и съемку объекта, находящегося на платформе. Полученное облако точек подтверждает корректность работы системы.

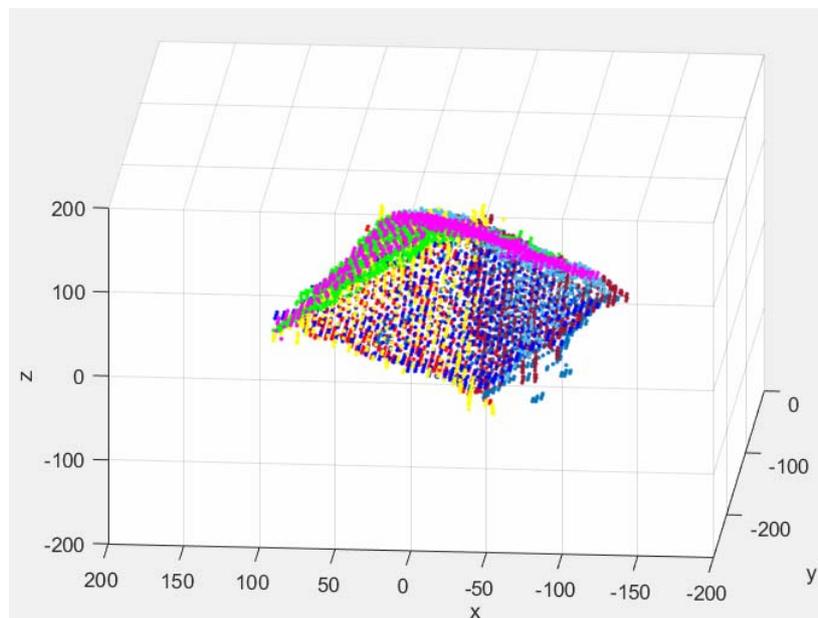


Рис. 3. Отсканированное облако точек объекта

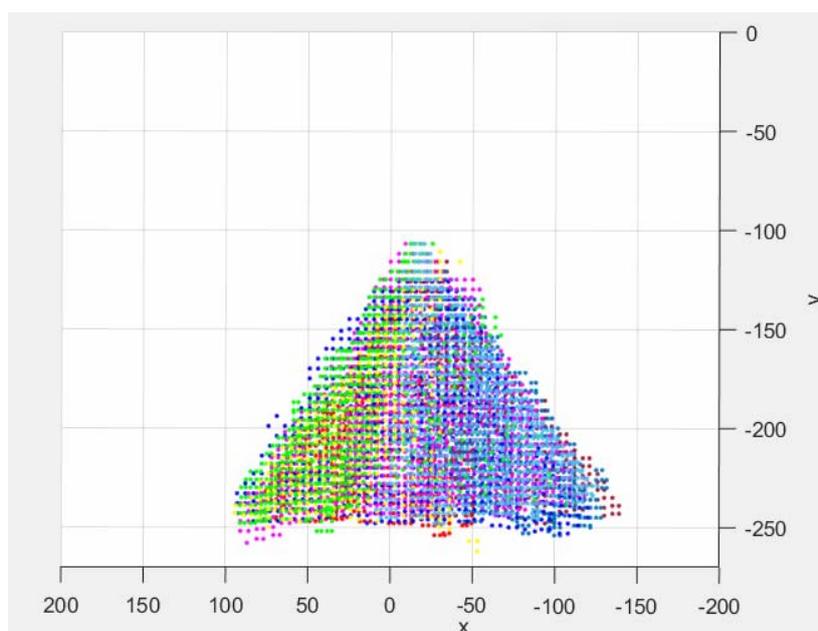


Рис. 4. Вид спереди

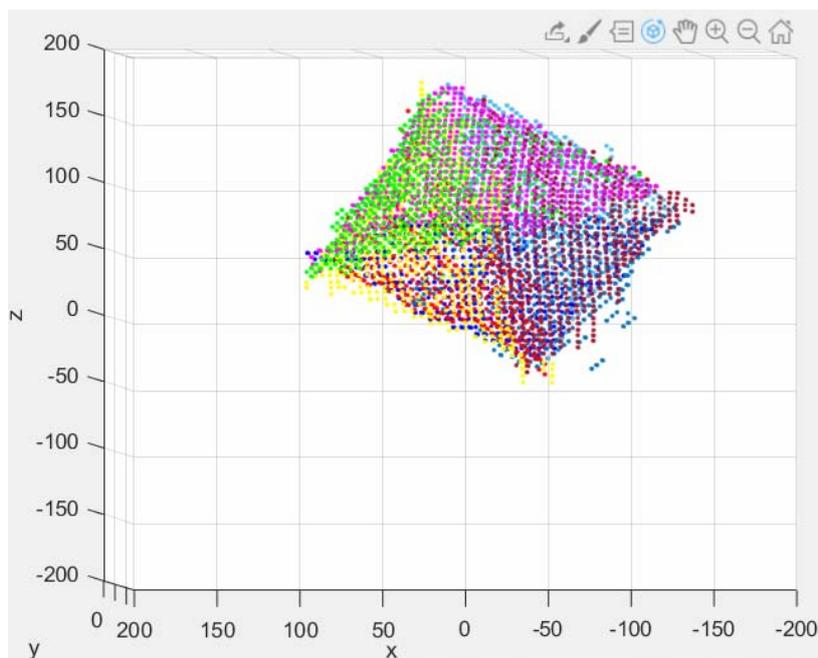


Рис. 5. Вид сверху

Список использованных источников

1. Граматке, М. Времяпролетный метод: современное состояние развития ToF-технологии и ее применение в 3D-системах // Системы безопасности. – 2018. – № 5. – С. 170–172.

2. Матрица поворота. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Матрица_поворота (дата обращения: 23.03.2021).

С. С. Черепанов, магистрант, stepan.cherepanov.1997@mail.ru
В. А. Вавилов, магистрант; И. И. Фахразиев, ассистент
Д. А. Хворенков, кандидат технических наук
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Методы планирования тепловой энергии на теплоэнергетических предприятиях

Рассматриваются актуальные вопросы планирования полезного отпуска тепловой энергии для теплоэнергетических предприятий; зависимость потребления тепловой энергии от температуры за период 2016–2020 гг. по ижевскому тепловому узлу; 2 метода прогнозирования и планирования тепловой энергии – метод простой экстраполяции и статистическое моделирование с использованием систем регрессионных уравнений. В качестве исходных данных берутся фактические данные потребления тепловой энергии по прибору учета за предыдущий период.

Ключевые слова: планирование тепловой энергии, полезный отпуск, метод простой экстраполяции, регрессионные уравнения, теплоэнергетическое предприятие.

Введение

Социально-экономическая роль теплоснабжения проявляется как при анализе расходов топлива на нужды этого сектора, являющегося самым крупным сегментом в энергообеспечении страны, так и в холодное время года, когда от обеспечения теплом зависит жизнедеятельность страны [3].

Чтобы спланировать дальнейшие направления развития теплоснабжающей компании и определить количество ресурсов, необходимо точно спланировать объем реализации продукции, а именно количество вырабатываемого тепла. Платежеспособность и устойчивость организации зависят от того, насколько точно запланированы объемы тепловой энергии [1]. Для решения задач объемов реализации тепловой энергии каждая теплоснабжающая компания использует собственные методы планирования.

Тепловая энергия и ее особенности

Тепловая энергия относится к товарам неэластичного спроса и как продукт имеет свои характерные особенности:

- не может вырабатываться в количестве, превышающем потребность, иначе не будет израсходована полностью;
- количество потребляемого тепла зависит от температуры наружного воздуха [2].

Если проанализировать представленный график, то можно увидеть четкую зависимость отпускаемой потребителю тепловой энергии от температуры

наружного воздуха. Эта зависимость наблюдается из противофазных ориентированных графиков на рисунке 1.

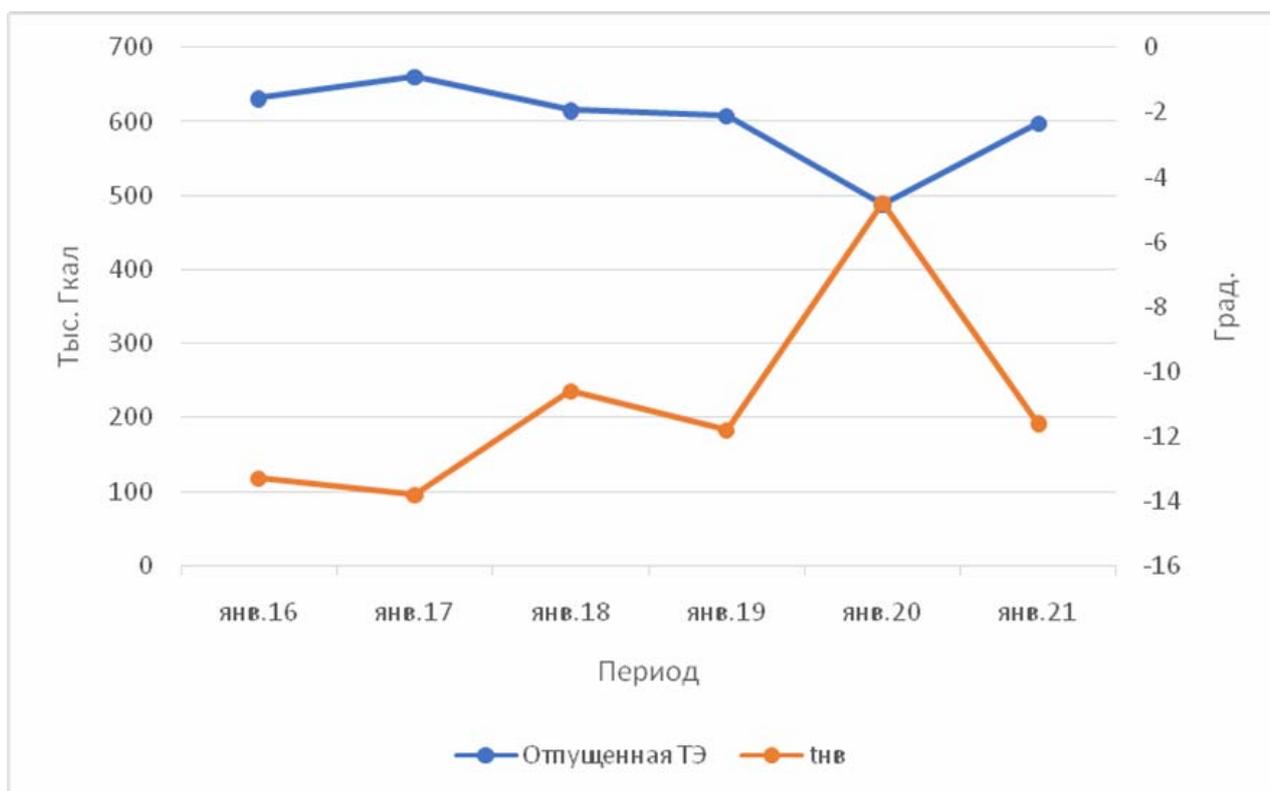


Рис. 1. Зависимость отпущенной тепловой энергии от температуры наружного воздуха

Производственные ограничения. Станции имеют собственные оптимальные режимы для достижения максимальной эффективности, которая достигается за счет оптимального баланса потребляемого топлива и вырабатываемого тепла. При увеличении отдачи от коллекторов переменные затраты на транспортировку тепловой энергии могут резко возрасти, что, в свою очередь, снизит маржинальный доход.

Транспортные ограничения. Неспособность сетей транспортировать тепловую энергию, производимую источниками, так как повышение температуры приводит к линейному расширению металла, и поскольку трубопроводы изношены, а компенсаторы линейного расширения не всегда функционируют должным образом, что может привести к выходу из строя теплотрассы и другим аварийным ситуациям.

Группы потребления тепловой энергии из года в год практически не меняются, а объемы потребления остаются в процентах от общего объема ежемесячного отпуска тепловой энергии.

Прогнозирование объема сбыта тепловой энергии

Для прогнозирования объемов продаж тепловой энергии воспользуемся двумя формализованными методами прогнозирования:

- простая экстраполяция;
- статистическое моделирование с использованием систем регрессионных уравнений.

Прогнозирование объема сбыта тепловой энергии методом простой экстраполяции. Прогнозирование методом простой экстраполяции заключается в том, что из статистики берется полезный отпуск тепловой энергии на отопление, где существует жесткая зависимость от температуры наружного воздуха. Построим прогноз потребления тепловой энергии на примере многоквартирного жилого дома г. Ижевска (рис. 2).

Строим точечный график и выбираем такую функцию, чтобы график этой функции проходил через максимальное количество точек, тем самым доводя коэффициент детерминации R^2 до 1.

В качестве экстраполирующей функции был выбран полином 6-й степени. После экстраполяции было получено уравнение, где независимой переменной является температура, а зависимой переменной – потребление тепловой энергии.

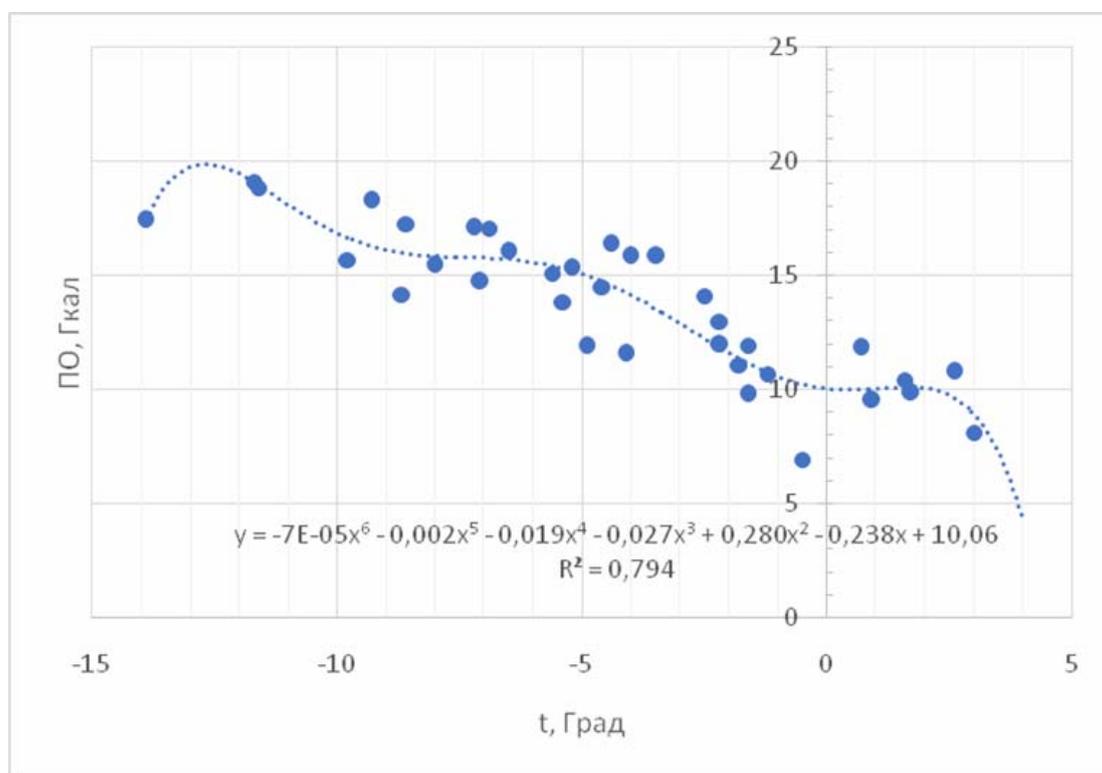


Рис. 2. Прогнозирование методом простой экстраполяции

Прогнозирование объема сбыта тепловой энергии методом статистического моделирования с помощью систем уравнений регрессии. Для прогноза этим методом необходимо построить точечный график для каждого месяца на основе статистических данных среднемесячных температур нескольких лет отопительного периода. Затем выводим уравнение регрессии для этих точек. После того, как мы получим уравнение регрессии, можно найти прогнозируемое количество потребляемой тепловой энергии, подставляя вместо независимой переменной прогнозную температуру (рис. 3).

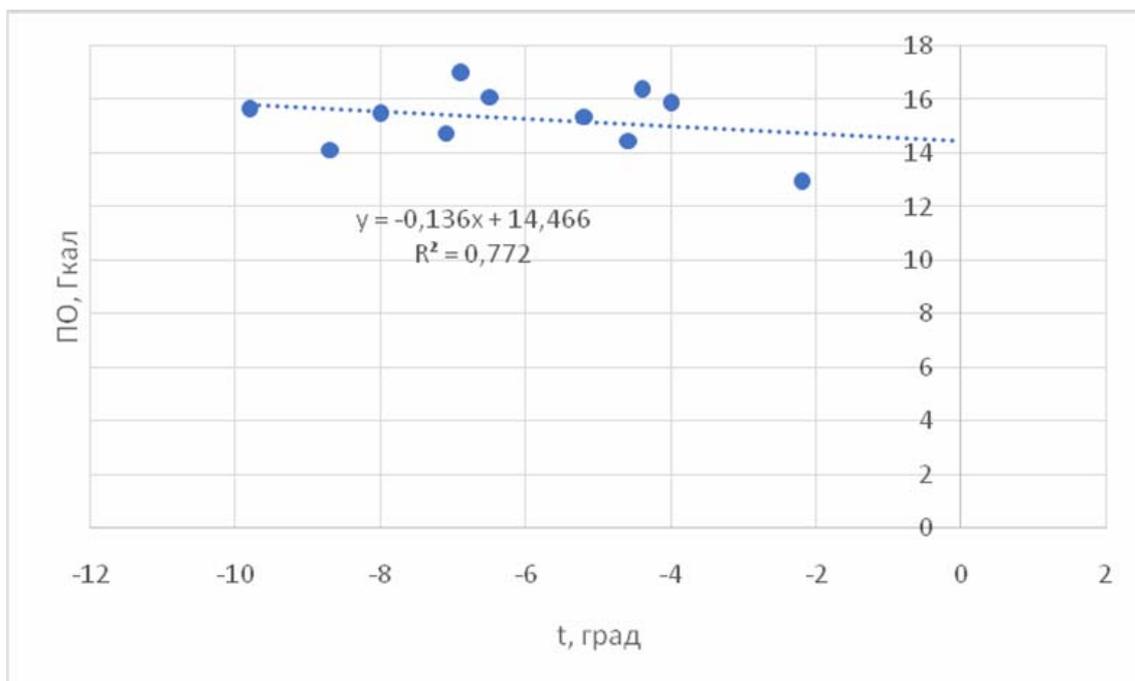


Рис. 3. Прогнозирование методом статистического моделирования с помощью систем уравнений регрессии

Заключение

В данной работе были рассмотрены два метода планирования полезного отпуска тепловой энергии. В обоих случаях выведена зависимость потребления тепловой энергии от температуры наружного воздуха. Выведены уравнения, позволяющие вычислить объем полезного отпуска тепловой энергии, зная прогнозные или плановые температуры.

Список использованных источников

1. Современное состояние теплоснабжения России / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, С. А. Воронина, В. В. Семикашев // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 1. – С. 30–43.
2. Пазюк, С. А. Прогнозирование объема сбыта тепловой энергии на предприятии энергетического комплекса / С. А. Пазюк, Г. В. Коваленко // Актуальные вопросы экономических наук. – 2011. – № 19. – С. 388–396.
3. Семикашев, В. В. Методика построения баланса производства и потребления тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения России / В. В. Семикашев, С. А. Воронина // Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2016. – № 1. – С. 343–356.

Чирков Д. В., кандидат технических наук
 Федорова Е. А., аспирант, fedorovaal@icloud.com
 Санников И. А., студент; Романов Е. В., студент
 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Модульная система индивидуального автоматического оружия с отдачей полусвободного затвора*

В работе обосновывается актуальность разработки модульной системы индивидуального стрелкового оружия с автоматикой, работающей за счет отдачи полусвободного затвора. Показана принципиальная возможность разработки подобной системы на основе полусвободного затвора роликового типа и представлены первые результаты разработки конструкций модульных образцов автоматов, самозарядной винтовки и ручного пулемета. Основными преимуществами системы модульного стрелкового оружия с отдачей полусвободного затвора в сравнении с аналогичной с отводом пороховых газов из канала ствола являются значительное уменьшение массы образцов оружия и более технологичная конструкция узла запирания.

Ключевые слова: стрелковое оружие, модульность, полусвободный затвор, инерционное запираение.

Введение

В работе [1] описывается конструкция модульной системы индивидуального стрелкового оружия, в основе которой лежит запатентованная ствольная коробка [2] (рис. 1).

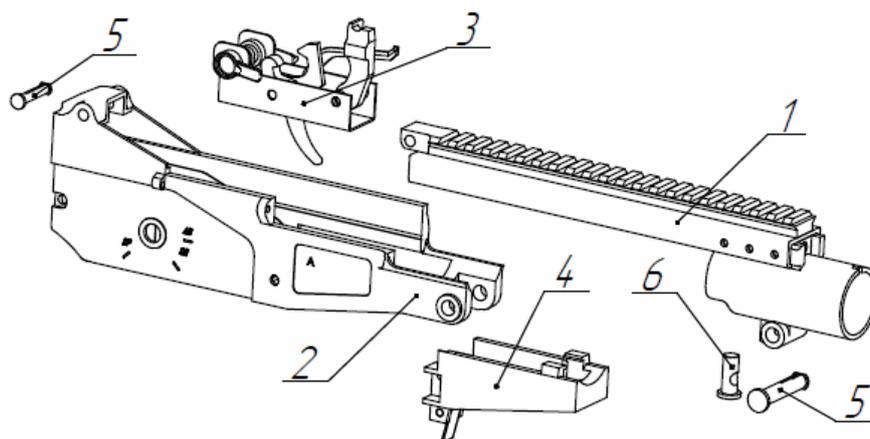


Рис. 1. Взрыв схема ствольной коробки для индивидуального стрелкового оружия: 1 – базовый модуль; 2 – нижняя часть ствольной коробки; 3 – модуль ударно-спускового механизма; 4 – модуль крепления магазина; 5 – несущие штифты; 6 – замыкатель ствола

© Чирков Д. В., Федорова Е. А., Санников И. А., Романов Е. В., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в рамках проекта № ЧДВ-78-20.

Разработанные образцы модульного оружия

На рисунке 2 представлены образцы, разработанные в рамках проекта модульной системы индивидуального стрелкового оружия, включающей автоматы под патроны 5,45 и 7,62 мм с различными длинами стволов, самозарядные винтовки под 7,62-мм патроны (.308Win и 7,62x54R), ручной пулемет под патрон .308Win и пистолеты-пулеметы под различные патроны калибра 9 мм.

Автоматика всех образцов оружия под промежуточные и винтовочные патроны основана на принципе отвода части пороховых газов из канала ствола. Модуль ствола включает газоотводную систему (газовая камера, поршень, шток поршня, возвратная пружина штока поршня), дульное устройство и запирающую муфту с боевыми упорами. Пример модуля ствола для оружия под патрон 5,45×39 представлен на рисунке 3.



Рис. 2. Модульная система индивидуального стрелкового оружия

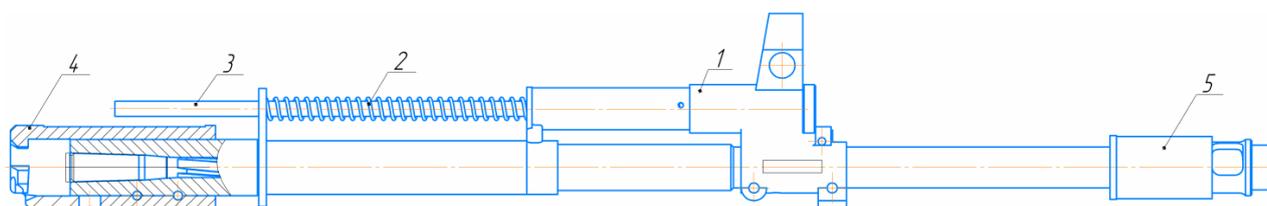


Рис. 3. Модуль ствола 5,45-мм автомата (длина ствола 415 мм): 1 – газовая камера; 2 – возвратная пружина штока поршня; 3 – шток поршня; 4 – запирающая муфта (муфта с боевыми упорами); 5 – дульное устройство

Основным недостатком разработанной модульной системы является технологическая сложность изготовления модулей в условиях массового и крупносерийного производства. Наиболее проблемным является узел запирания канала ствола. Как следует из рисунка 3, муфта с боевыми упорами является неотъемлемой частью модуля ствола, фиксируемая в базовом модуле посредством

замыкателя *б* (см. рис. 1). Запирание канала ствола осуществляется поворотом затвора вокруг своей оси, который вместе с затворной рамой располагается в направляющих базового модуля. Все это предъявляет жесткие требования к допускам при изготовлении деталей и обуславливает высокие требования к качеству выполнения сборочных операций.

Одним из решений указанной проблемы может являться изменение схемы работы автоматики. Так, в оружейной практике известны образцы стрелкового оружия под промежуточные и винтовочные патроны, автоматика которых основана на принципе отдачи полусвободного затвора [3]. Наиболее рационально для разработки модульных систем использование роликовой схемы полусвободного затвора по типу винтовки G3. Особенности функционирования данных систем описаны, например, в работе [4]. На рисунке 4 представлена схема работы роликового полусвободного затвора.

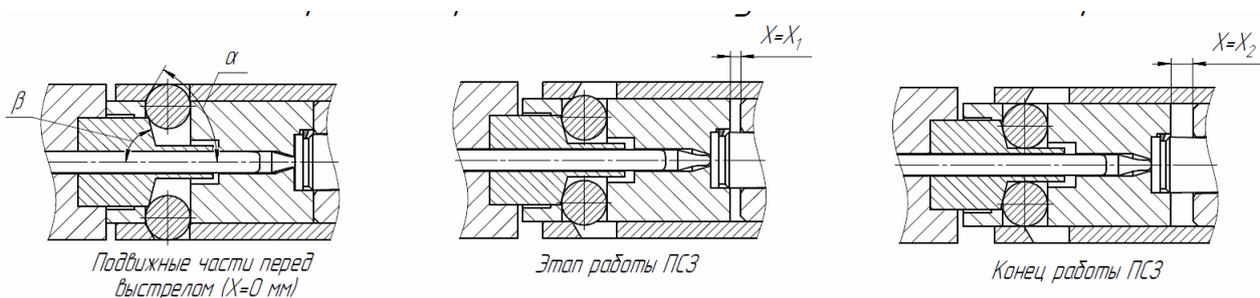


Рис. 4. Схема работы полусвободного затвора роликового типа

Обеспечение работоспособности автоматики для разных типов патронов и длин стволов может быть достигнуто за счет варьирования углами α (угол поверхности взаимодействия роликов со ствольной коробкой) и β (угол поверхности взаимодействия роликов с затворной рамой). С учетом того, что подвижные части автоматики в оружии под один патрон не должны изменяться, то для обеспечения работоспособности автоматики рационально варьировать углом α , который должен быть расположен на запирающей муфте ствола.

В таблице представлены расчетные данные скоростей подвижных частей автоматики с отдачей полусвободного затвора для оружия под разные патроны.

Из таблицы следует, что для всех рассмотренных случаев варьирование углом α позволяет обеспечить нужные для надежной работы автоматики скорости движения подвижных частей. Дополнительно проверялось условие отсутствия заклинивания при взаимодействии роликов со ствольной коробкой.

В результате была разработана система модульного стрелкового оружия с автоматикой, основанной на принципе отдачи полусвободного затвора роликового типа, включающая автоматы под патрон 5,45×39 с различными длинами стволов, самозарядную винтовку под патрон 7,62×54R и ручной пулемет под патрон .308Win.

На рисунке 5 представлены внешний вид разработанных образцов и их характеристики.

Возможности обеспечения работоспособности автоматики с отдачей полусвободного затвора в оружии под различные патроны за счет варьирования углом поверхности взаимодействия роликов со ствольной коробкой

Параметры полусвободного затвора	Образец оружия											
	Автомат						Винтовка					
	Малогоабаритный ($L_{ств}=218$ мм)			$L_{ств}=415$ мм			Автоматическая ($L_{ств}=450$ мм)			Самозарядная ($L_{ств}=600$ мм)		
Патрон	5,45x39						7,62x51 (.308 Win)			7,62x54R		
$I_b, Н*с$	4,9			5,1			12,3			14,1		
$V_b, м/с$	740			900			796			822		
$M_{гнч}, кг$	0,3						0,45					
$\beta, ^\circ$	60						35					
$\alpha, ^\circ$	35	38	45	40	44	50	31	45	55	40	50	60
i_{3-3D}	1,4	1,45	1,58	1,48	1,56	1,69	1,9	2,4	3	2,2	2,7	3,5
η_{3-3D}	0,9	0,89	0,87	0,89	0,87	0,85	0,87	0,83	0,79	0,85	0,81	0,76
$M_{пр}, кг$	0,54	0,58	0,67	0,57	0,67	0,77	1,34	2,29	3,68	1,87	2,87	4,9
$V_{кст}, м/с$	5,5	4,5	2,7	5,9	4,5	3	4,98	6,6	9,1	8,4	6,5	4,7

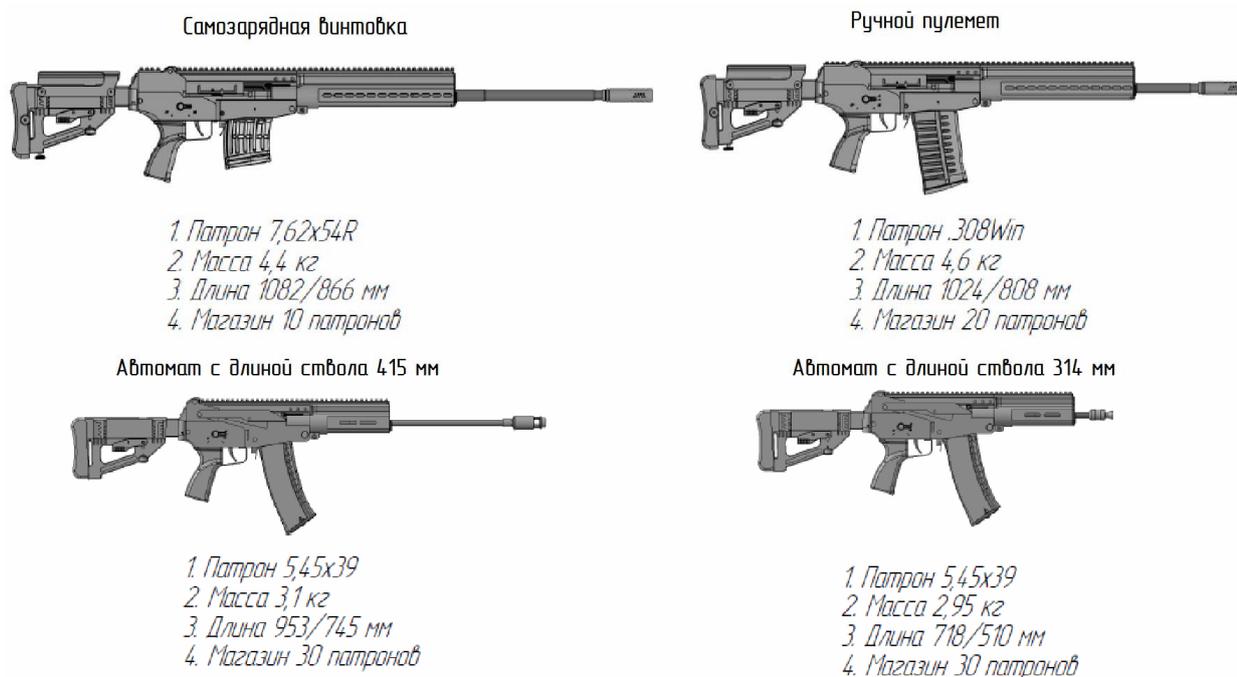


Рис. 5. Модульная система индивидуального стрелкового оружия с отдачей полусвободного затвора

Как следует из рисунка 5, масса всех образцов, входящих в модульную систему, меньше массы аналогичных образцов с отводом пороховых газов. С учетом ограничений на массово-габаритные размеры индивидуального стрелкового оружия полученное уменьшение массы для всех образцов является существенным (для автоматов – 800 г, для винтовки – 400 г, для ручного пулемета – 1400 г).

На рисунке 6 представлен модуль ствола модульной системы индивидуального автоматического оружия с отдачей полусвободного затвора.



Рис. 6. Модуль ствола для 5,45-мм автомата с отдачей полусвободного затвора (длина ствола 415 мм): 1 – запирающая муфта (муфта с пазами для роликов); 2 – ствол; 3 – дульное устройство

Заключение

Применение полусвободного затвора позволило сделать конструкцию узла запирания принципиально более технологичной, что является важным с позиций массового и крупносерийного производства.

Таким образом, модульная система индивидуального стрелкового оружия с автоматикой, работающей за счет отдачи полусвободного затвора, позволяет принципиально уменьшить массу образцов, сделав конструкцию более технологичной. К недостаткам данной системы относится чувствительность работы автоматики к внешним условиям среды и несколько более низкая надежность работы автоматики в затрудненных условиях эксплуатации.

Список использованных источников

1. Якимович, Б. А. Обоснование актуальности модульной схемы автомата / Б. А. Якимович, С. А. Писарев, Д. В. Чирков // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 24–26.
2. Пат. 166910, Рос. Федерация: МПК F41A 11/04 (2006.01), Ствольная коробка модульного автоматического оружия / Б. А. Якимович, С. А. Писарев, Д. В. Чирков, Р. Р. Фархетдинов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова». – № 2016108098/11; заявл. 04.03.2016; опубл. 10.12.2016, Бюл. № 34. – 2 с. : ил.
3. Основания устройства автоматического оружия / А. А. Коновалов, Л. А. Галаган, В. И. Кулагин [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1984. – 160 с.
4. Алексеев, С. А. Проектирование автоматического оружия с инерционным запиранием канала ствола : учебник. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 119 с.

А. Ю. Шаимов, аспирант
П. М. Касимов, студент, pavel_kasimov5@list.ru
К. В. Шишаков, доктор технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Формирование системы критериев для оценки эффективности адаптивно настраиваемых структур полихромных сетей

Данная статья помогает оценить производительности формирующихся сетевых образований для обеспечения процессов самоорганизации сложных гетерогенных сетей связи. Содержит расчет количества каналов связи и зависимости вероятности блокирования каналов от времени.

Ключевые слова: каналы, вероятность блокирования, Math Cad, теория массового обслуживания.

Введение

Задачи проектирования и исследования конечной прикладной сети решаются комплексно на этапе проектирования системы или сети связи, а значит, представляет собой отдельный элемент всей работы. Поэтому, рассматривая вопросы проектирования сети, необходимо ориентироваться на решение более широкой задачи проектирования составной радиотехнической системы в целом. При этом ключевым моментом работы является процесс разработки гибкого сетевого протокола обмена между различными сетями связи на канальном уровне с последующим проектированием модели гетерогенной сети в дискретно-временном симуляторе [1].

Целью данной статьи является выбор оценок производительности формирующихся сетевых образований для обеспечения процессов самоорганизации сложных гетерогенных сетей связи.

Расчет количества каналов связи

Рассчитаем необходимое и достаточное число каналов управления. Рассмотрим небольшую подгруппу абонентов (микроуровень), имеющих следующие параметры:

- группа из 8 радиостанций;
- интенсивность вызовов в час по широковещательному каналу (каналу управления) $\lambda =$ от 1 до 20 вызовов;
- интенсивность вызовов в час по адресному каналу $\lambda =$ от 1 до 10 вызовов;
- среднее время разговора (время, затрачиваемое на обслуживание) = от 5 до 300 с.

Тогда, выбирая простейшую модель канала обслуживания (рис. 1), для расчетов будем использовать формулу (1.1.) [2].

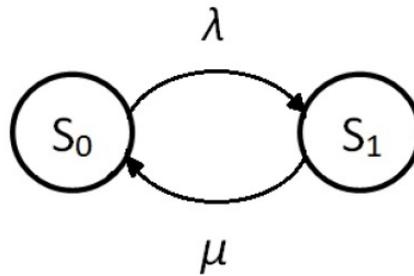


Рис. 1. простейшая модель канала обслуживания

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} \left[1 - \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \frac{p_0}{n!} \right], [3] \quad (1.1)$$

где \bar{k} – математическое ожидание числа занятых каналов;
 λ – интенсивность потока заявок управления;
 μ – интенсивность потока обслуживания;
 p_0 – предельное состояние вероятности (все линии свободны);
 n – число имеющихся каналов;

$$p_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right)^{-1}, \quad (1.2)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ – предельная интенсивность потока заявок или интенсивность нагрузки канала.

Допустим, что приходит 10 широковещательных команд за $t_{\text{пр}} = 30$ минут.
 Обработка системой происходит $t_{\text{обр}} = 300$ с;

$$\lambda = \frac{10}{t_{\text{пр}}} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ команды/час};$$

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обр}}} = \frac{1}{0,083} = 12 \text{ команд/час};$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{20}{12} = 1,67.$$

Покажем, что достаточно одного канала управления ($n = 1$).

Для этого должно выполняться условие $\bar{k} < 1$, иначе необходимо большее число каналов.

$$p_0 = (1 + \rho)^{-1} = \frac{1}{1 + 0,167} = 0,375;$$

$$\bar{k} = \rho \left[1 - (\rho)^n \frac{P_0}{n!} \right] = \rho [1 - \rho P_0] = 0,167(1 - 0,167 \times 0,857) = 0,625;$$

$\bar{k} < 1$, таким образом, одного управляющего канала достаточно для работы.

Расчет необходимого количества адресных каналов обмена

Допустим, что происходит 5 вызовов за $t_{\text{пр}} = 30$ минут. Обработка системой происходит $t_{\text{обр}} = 300$ с.

$$\lambda = \frac{5}{t_{\text{пр}}} = \frac{5}{0,5} = 10 \text{ вызовов/час}; \quad \mu = \frac{1}{t_{\text{обр}}} = \frac{1}{0,083} = 12 \text{ вызовов/час};$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{10}{12} = 0,833.$$

Вероятность, что все линии свободны [4],

$$P_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right)^{-1}. \quad (1.3)$$

Вероятность отказа (блокирования) вызова в обслуживании [5]

$$P_{\text{от}} = (\rho)^n \frac{P_0}{n!}. \quad (1.4)$$

Последовательно увеличивая число линий связи с 1 до n , выбираем такое число линий связи, при котором выполняется условие

$$P_{\text{от}} \leq P_n \text{ при } P_n = 0,01.$$

Если $n = 1$, то

$$P_0 = (1 + \rho)^{-1} = \frac{1}{1 + 0,833} = 0,546;$$

$$P_{\text{от}} = \rho P_0 = 0,833 \times 0,546 = 0,455.$$

Так как $P_{\text{от}} \leq P_n$ не выполняется, то увеличиваем количество каналов до $n = 2$.

Если $n = 2$, то

$$P_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} \right)^{-1} = \frac{1}{1 + 0,833 + 0,347} = 0,459;$$

$$P_{\text{от}} = (\rho)^2 \frac{P_0}{2!} = (0,833)^2 \frac{0,459}{2!} = 0,159.$$

Как видно, двух каналов тоже не хватает.

Если $n = 4$, то

$$P_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \frac{\rho^3}{3!} + \frac{\rho^4}{4!} \right)^{-1} = \frac{1}{1 + 0,833 + 0,347 + 0,096 + 0,02} = 0,436;$$

$$P_{\text{бл}} = (\rho)^2 \frac{P_0}{2!} = (0.833)^4 \frac{0,436}{4!} = 8,75 \times 10^{-3};$$

$P_{\text{бл}} \leq P_{\text{п}}$ выполняется, значит необходимое $n = 4$.

При помощи Math Cad рассчитаем, как изменяется $P_{\text{бл}}$ исходя из заданных параметров (λ и $t_{\text{обр}} = 300$) на канал связи при $n = 4$. Результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 1. Вероятность блокирования вызова при $n = 4$

λ , ВЫЗ/Ч \ $t_{\text{обр}}$, с	5	60	90	120	180	210	240	270	300
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009
20	0	0	0,002	0,004	0,015	0,024	0,035	0,048	0,062
50	0	0,008	0,029	0,062	0,15	0,197	0,243	0,286	0,327
80	0	0,035	0,095	0,169	0,311	0,371	0,424	0,47	0,509
100	0	0,062	0,15	0,243	0,398	0,459	0,509	0,552	0,588

По данной таблице для наглядности построим график (рис. 2).

Как видно из рисунка 2 при увеличении пиковой интенсивности вероятность блокирования канала увеличивается по экспоненциальному закону. Например, при интенсивности вызова $\lambda = 100$ и $t_{\text{обр}} = 240$ с вероятность блокирования вызова составляет 50 %.

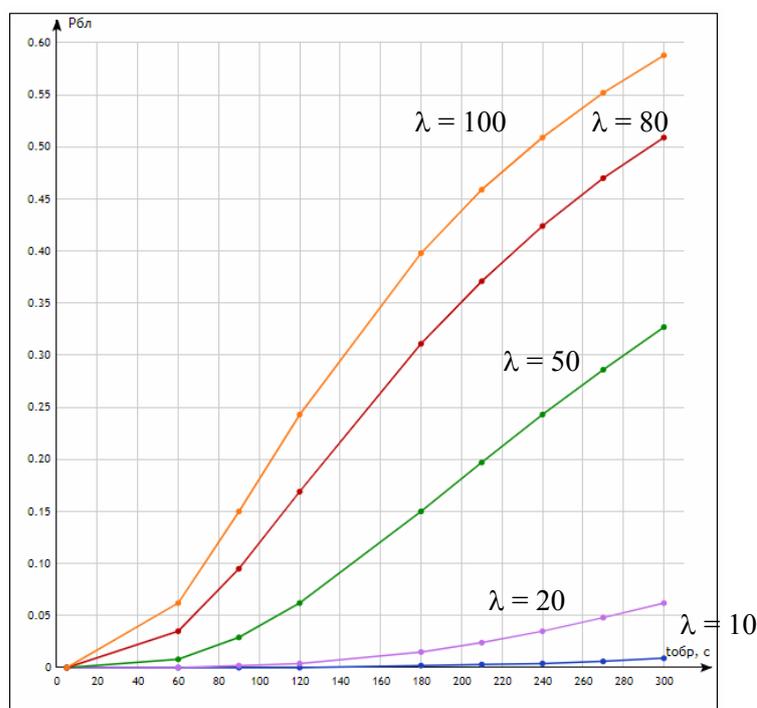


Рис. 2. График зависимость вероятности блокирования канала от времени обработки при различной интенсивности входных команд

Покажем, как снижается нагрузка на канал связи (уменьшается вероятность блокирования вызова) при интенсивности 100 запросов в час и при времени обслуживания 300 с. Полученные результаты занесем в таблицу 2.

Таблица 2. Вероятность блокирования вызова при $\lambda = 100$ вызовов/час и при различном $t_{обр}$ и количества каналов связи

$n \backslash t_{обр}, c$	5	60	90	120	180	210	240	270	300
1	0,122	0,625	0,714	0,769	0,833	0,854	0,87	0,882	0,893
2	0,008	0,342	0,472	0,562	0,672	0,713	0,743	0,768	0,788
4	0	0,062	0,15	0,243	0,398	0,459	0,509	0,552	0,588
6	0	0,005	0,028	0,072	0,192	0,253	0,31	0,362	0,407
10	0	0	0	0,002	0,018	0,038	0,066	0,1	0,137

По данной таблице построим графики, представленные на рисунке 3.

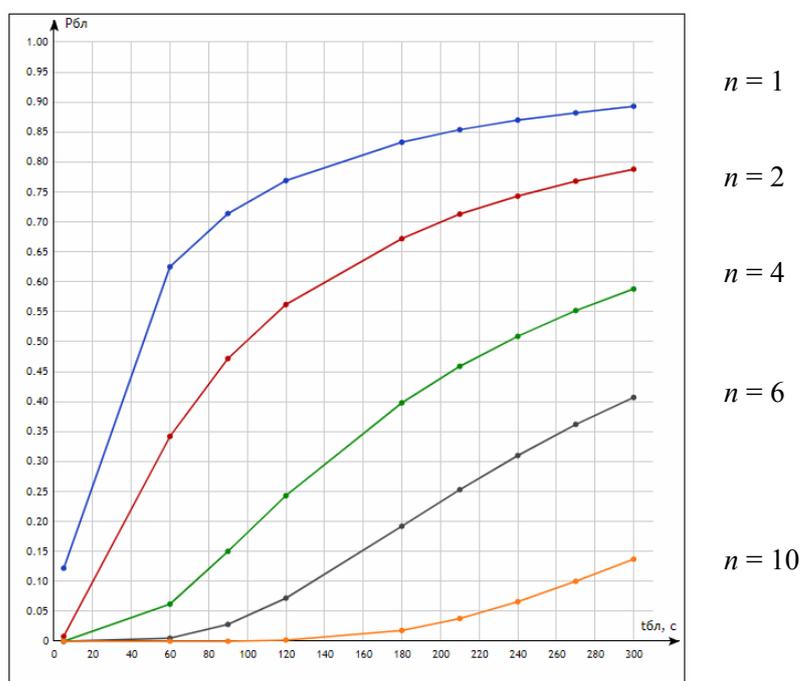


Рис. 3. График зависимости вероятности блокирования вызова при $\lambda = 100$ вызовов/час и при различном $t_{обр}$ и количестве каналов связи

При увеличении количества канала нагрузка на канал связи падает также по экспоненциальному закону.

Заключение

В данной работе был произведен расчет каналов связи по имеющимся формулам с помощью программы Math Cad, а также получены графики вероятности блокирования от времени работы. Проанализированы результаты влияния различной интенсивности и количества каналов связи на вероятность блокирования канала. Осуществлен выбор оценок производительности формирующихся сетевых образований для обеспечения процессов самоорганизации сложных гетерогенных сетей связи.

Список использованных источников

1. *Абилов, А. В.* Сети связи и системы коммутации : учеб. пособие для вузов. – Москва : Радио и связь, 2004. – 288 с.
2. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – Москва : Техносфера, 2005. – 591 с.
3. *Левин, Б. Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. – Москва : Радио и связь, 1989. – 656 с.
4. *Прокис, Д.* Цифровая связь : перевод. с англ. / под ред. Д. Д. Кловского. – Москва : Радио и связь, 2000. – 800 с.
5. *Тихонов, В. И.* Статистическая радиотехника. – Москва : Советское радио, 1966. – 670 с.

А. Ю. Шаимов, аспирант, shaimov-alex@mail.ru
А. Н. Копысов, кандидат технических наук, доцент

Гетерогенные сети связи и параметры оценки сетевого пространства

Рассматривается построение единого информационного пространства с возможностью сквозного перехода между сетями различных стандартов. Показано повышение требований к передаче информации, что приводит к усложнению сетевых структур. Для задач проектирования, реализации и дальнейшего обслуживания рассмотрены критерии и показатели качества услуг, а также методы анализа объема ресурсов и трафика.

Ключевые слова: гетерогенные сети, стандарт связи, ISO/OSI, абоненты, трафик, критерии, анализ.

Введение

Под гетерогенной сетью подразумевается сложная структура, состоящая из нескольких разнородных сетей доступа. Такие сети предназначены для единого функционального назначения, работают в одной системе, но относятся к разным стандартам (имеют отличную друг от друга организацию, отличаются сигнально-кодовой конструкцией, способом передачи и т. д.).

Гетерогенная организация связи будет рассматриваться как традиционная сеть передачи данных, но с учетом того, что необходимо иметь в виду сопряжение между собой сетей разных стандартов. Особенностью реализации гетерогенной сети является тот факт, что следует отмечать два направления организации:

1. Горизонтальная структура – возможность доступа к абонентам другой сети связи, а также взаимодействиями между абонентами одной сети.

2. Вертикальная структура (вертикальный хэндовер) – предполагает переключение оборудования из одной сети/стандарта радиосвязи в другую сеть/стандарт при помощи специальных шлюзовых устройствах.

В статье рассматриваются лишь некоторые важные параметры сетей связи, которые дают необходимую базовую основу для раскрытия данной темы в дальнейшем. Это необходимо для математической формализации поставленной задачи, включая выбор критериев эффективной настройки сети используемых гетерогенных сетей с оценкой трафика участков сети [1].

Задачи

1) выбор критериев и показателей качества сетей связи; 2) математическая модель для формирования показателей эффективности сетей; 3) анализ производительности сети.

Исследование трафика передачи данных. Математические модели

Структура гетерогенной сети соответствует семиуровневой модели ISO/OSI (рис. 1).



Рис. 1. Модель OSI/ISO

Верхние три уровня представления регламентируют обмен и перечень услуг. Линии связи между пунктами управления предусматривают следующее: 1) организация и проведение видеоконференцсвязи; 2) организация и проведение телефонной связи; 3) обеспечение информационного обмена между пунктами управления.

Ниже приведены описания к трем уровням абстракции – транспортному, сетевому и канальному параметрам надежности связи, физической и логической адресации.

Для предварительной оценки *транспортного уровня* сети связи используют следующие свойства систем: завершенность, устойчивость, восстанавливаемость, доступность или готовность.

Завершенность – свойство системы не приходить в состояние отказов из-за ошибок принимаемых и передаваемых данных. Характеризуется λ_0 – интенсивность ошибок; N_0 – число обнаруженных ошибок за время t ; N – общее число переданной информации; K – коэффициент, учитывающий тип системы такого параметра, как интенсивность ошибок.

$$\lambda_0 = \frac{N_0}{Nt} K. \quad (1)$$

Устойчивость – свойство системы поддерживать необходимый заданный уровень функционирования к различным ошибкам и дефектам (возникают в основном из-за сбоя технических средств).

Восстанавливаемость системы – свойство, в случае отказа возобновлять требуемый уровень работы, а также поврежденные данные. Обычно для вос-

становления системы ее достаточно перезапустить, однако при этом обрабатываемые данные в процессе отказа могут быть потеряны.

Доступность, или готовность – свойство системы быть в состоянии выполнять требуемую задачу в данный момент времени при заданных условиях использования.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле

$$K_r = \frac{T_{err}}{T_{err} + T_{reb}}, \quad (2)$$

где T_{err} – средняя наработка на ошибку; T_{reb} – время восстановления системы.

Сетевой уровень представляет собой логическую адресацию, маршруты линий пропуск трафика сети между узлами [2].

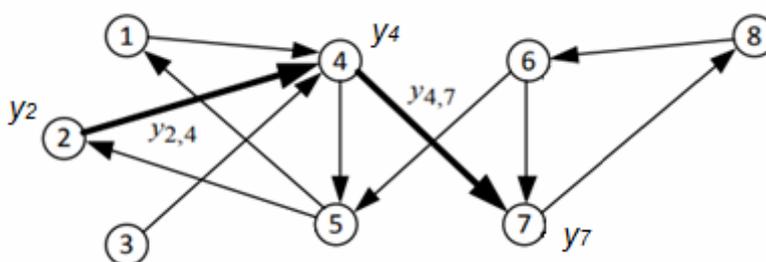


Рис. 2. Представление сети в виде графа

Математически представляется при помощи графа, где линии связи – это интенсивность нагрузки, а вершины-узлы – разные сети. При описании данной модели рассматриваются только конечные узлы (узлы, которые связывают представленную сеть с другой сетью, в том числе другого типа). Математически распределение трафика в такой сети можно записать как

$$y_i = n_i^{(q)} y_0^{(q)} + n_i^{(q1)} y_0^{(q2)} + \dots + n_i^{(k)} y_0^{(k)}. \quad (3)$$

Формула (3) описывает интенсивность нагрузки y_i , которая зависит от удельной нагрузки и числа абонентов;

$$n_i = n_i^{(q)} + n_i^{(q2)} + \dots + n_i^{(k)}, \quad (4)$$

где $n_i^{(k)}$ – количество абонентов k -й области, входящей в i -й узел;

n_i – общее число абонентов i -го узла.

Направленный трафик абонентов i -го узла на узел j определяется коэффициентом распределения k_{ij} .

Немного формализовав выражения, можно представить модель в виде таблицы нагрузок (таблица 1), связь между соседними узлами определяются как

$$Y_{i,j} = k_{ij} y_i^{(out)} = \frac{1}{2} k_{ij} y_i. \quad (5)$$

Таблица 1. Распределение трафика в сети

Узел	1	2	...	j
1	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$...	$Y_{1,j}$
2	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$...	$Y_{2,j}$
...
i	$Y_{i,1}$	$Y_{i,2}$...	$Y_{i,j}$

В итоге для нашей сети (рис. 2) исходя из маршрутов пропуска трафика получим таблицу распределения трафика (табл. 2).

Таблица 2. Распределение трафика по линиям связи

Узел	1	2	3	4	5	6	7	8
1				$Y_{1,4}$	$Y_{1,5}$			
2				$Y_{2,4}$	$Y_{2,5}$			
3				$Y_{3,4}$				
4	$Y_{4,1}$	$Y_{4,2}$	$Y_{4,3}$		$Y_{4,5}$		$Y_{4,7}$	
5	$Y_{5,1}$	$Y_{5,2}$		$Y_{5,4}$		$Y_{5,6}$		
6					$Y_{6,5}$		$Y_{6,7}$	$Y_{6,8}$
7				$Y_{7,4}$		$Y_{7,6}$		$Y_{7,8}$
8						$Y_{8,6}$	$Y_{8,7}$	

На канальном уровне рассматривается связь интенсивности абонентского трафика, количества каналов обмена и вероятность потери (отказов) обслуживания потока пакетов. Такие взаимосвязи удобно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО) процесса поступления заявок в канал и их обработки [2].

Модель системы представляется совокупностью моделей потока заявок, процесса обслуживания и характеризуется временем задержки заявки и вероятностью отказа.

Поток заявок

Представляется в виде простейшего потока, имеет следующие свойства: стационарность (вероятность поступления заявок в определённый интервал времени зависит только от величины интервала), ординарность (вероятность одновременного поступления двух заявок стремится к нулю), отсутствие последствия (процесс поступления новой заявки не зависит от предыдущих заявок, ни от состояния системы обслуживания).

Математически описывается распределением Пуассона, при котором поступление k заявок за интервал времени t является случайной величиной. Определяется интенсивностью заявок за принятый интервал времени (λ):

$$p_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}. \tag{6}$$

Временные интервалы между заявками также имеют вероятностное распределение и описываются экспоненциальным законом:

$$f(x) = 1 - e^{-\lambda x}. \quad (7)$$

Процесс обслуживания

Экспоненциальное распределение, в котором канал занимается заявкой на случайное время определяется интенсивностью обслуживания заявок (μ) и зависит от среднего времени занятия канала $\left(t_{\text{cp}} = \frac{1}{\mu}\right)$:

$$f(x) = 1 - e^{-\mu x}. \quad (8)$$

Вероятность отказов

В обобщении вероятность отказов зависит от интенсивности нагрузки (y , ЭРЛ) и количества каналов связи (n) и описывается формулой Эрланга:

$$p = \frac{\frac{y^n}{n!}}{\sum_i^n \frac{y^i}{i!}}. \quad (9)$$

Время задержки заявки

Характеризуется количеством заявок ($p = a\bar{t}$, a – интенсивность заявки), средним временем обслуживания заявки $\left(\bar{t} = \frac{\bar{L}}{b}\right)$, дисперсией времени обслуживания (σ^2), средней длиной заявки (\bar{L} , бит) и скоростью передачи (b , бит/с).

Определяется формулой Поячека – Хинчина

$$T = \frac{p\bar{t}}{2(1-p)} \left(1 + \frac{\sigma^2}{\bar{t}^2}\right) + \bar{t}. \quad (10)$$

Производительность сети

Так как взаимодействие абонентов является неравномерным процессом во времени (прием и отправка данных происходит не систематически), то измерение интенсивности трафика сети и его нагрузки на узлы стоит рассматривать в течение длительного времени. Для такого анализа применяется аппарат математической статистики [3].

При анализе параметров производительности сети наибольший интерес представляют такие параметры, как интенсивность пакетов, интенсивность трафика (бит/с), длина пакета, доля потерянных пакетов, доля пакетов с ошибками, интервал времени между пакетами. Из вероятностных зависимостей в первую очередь рассматриваются функции распределения (или плотности вероятности) интервалов времени между пакетами и длины пакетов. Результаты расчетов для сети из восьми узлов (см. рис. 2) с двумя и четырьмя приоритетными узлами (n_1) представлены в таблице 3.

Параметры: β – время передачи одного пакета сообщения; $p_{succ}(n)$ – вероятность успешной передачи; $p_{coll}(n)$ – вероятность возникновения коллизии(ошибки); $d_{succ}(n)$ – среднее число слотов, выбираемых узлами сети при успешной передаче; $\tau_{succ}(n)/\tau_{coll}(n)$ – средняя длина пакетного цикла в случае успешной/неуспешной передачи; τ – средняя длина пакетного цикла с учетом успешных и неуспешных попыток; t_{mean} – среднее время задержки на доступ узла к каналу.

В таблицу 3 внесены значения пропускной способности канала ПСК (PPC, Packet Per Second), которые определяются по формуле

$$PPC = \frac{1}{(1 - p_{coll}(n))\tau}. \quad (11)$$

Согласно вычисленным значениям пропускной способности канала чем больше число узлов с приоритетами, тем более эффективной и производительной является сеть. Во всех случаях при количестве узлов с приоритетами $n_1 = 4$ пропускная способность выше, чем при $n_1 = 2$ [4, 5].]

Таблица 3. Производительность сети из восьми узлов

Параметры		Кол-во узлов в сети	
		8	
		n_1 n_2 2 6	n_1 n_2 4 4
$p_{succ}(n)$		0,82	0,17
$p_{coll}(n)$		0,18	0,83
$d_{succ}(n)$		5	4
$d_{coll}(n)$		3	3
$\tau_{succ}(n)$, мс	при $\beta = 30$ мкс	4,47	4,3
	при $\beta = 8$ мкс	2,27	2,1
	при $\beta = 1$ мкс	1,63	1,47
τ , мс	при $\beta = 30$ мкс	4,41	4,16
	при $\beta = 8$ мкс	2,21	1,97
	при $\beta = 1$ мкс	1,57	1,33
t_{mean} , мс	при $\beta = 30$ мкс	1,81	12,57
	при $\beta = 8$ мкс	0,97	6,49
	при $\beta = 1$ мкс	0,71	4,49
PPC, бит/с	при $\beta = 30$ мкс	276	1414
	при $\beta = 8$ мкс	551	2986
	при $\beta = 1$ мкс	776	4423

Заключение

Таким образом, этапы построения гетерогенной сети связи похожи на построение традиционной сети – это последовательная задача, связанная с выбором логическим и физическим устройством сети, размещения для оборудования в узлах, способа соединения узлов между собой и организации обмена между всеми абонентами [2]. Детали развития данной темы связаны с современными потребностями услуг связи с использованием гетерогенных сетей, а также с выбором требуемых параметров оборудования и расчетом характеристик линий связи для неоднородных сетей, работающих в разных стандартах.

Список использованных источников

1. *Давыдов, А. Е.* Перспективные направления развития отрасли в области телекоммуникационного оборудования // Инновационные радиоэлектронные технологии – регионам России : труды XII Отраслевой научно-технической конференции. – Ялта, 2014.
2. *Давыдов, А. Е.* Проектирование телекоммуникационных систем и сетей : учеб. пособие / А. Е. Давыдов, П. И. Смирнов, А. И. Парамонов. – Санкт-Петербург : Редакционно-издательский отдел университета ИТМО, 2016. – 49 с.
3. *Цыбаков, Б. С.* Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса // Радиотехника. – 1999. – № 5. – С. 24–31.
4. *Прокис, Д.* Цифровая связь : перевод с англ. / под ред. Д. Д. Кловского. – Москва : Радио и связь, 2000. – 800 с.
5. *Самусевич, Г. А.* Основы теории массового обслуживания : учеб. пособие. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2009. – 102 с.

М. А. Шаклеин, инженер-оператор БПЛА, Shakleinmishka@yandex.ru
ООО «ФИНКО» ГК «Беспилотные системы»
И. А. Кайсина, аспирант; *В. С. Кузнецов*; *М. В. Шинкевич*
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Предложение концепции БПЛА вертолетного типа на основе анализа существующих аналогов

Предложена концепция БПЛА вертолетного типа, которая может найти практическую реализацию на производстве и послужить основой для серийной партии. Рассматриваются текущие аналоги, как коммерческие, так и предложенные научными коллективами. На основе анализа с учетом достоинств и недостатков других решений предложена концепция БПЛА вертолетного типа, с электрическим питающим элементом, четырьмя электродвигателями и четырьмя пропеллерами.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, БПЛА, квадрокоптер, беспилотник.

Введение

В настоящее время в связи с активным развитием беспилотной техники больше внимание уделяется развитию промышленных дронов. Крупнейшие компании выпускают беспилотники различной направленности, например, для полива полей удобрениями, отслеживания состояния посевов с помощью мультиспектральной съемки, тепловизионной съемки городских объектов, топографических работ. Однако большинство беспилотников ориентированы только на один вид деятельности, даже если это просто съемка. Все это приводит к серьезным затратам конечного пользователя, вынужденного покупать несколько дронов для различных работ. Таким образом, важной задачей становится создание БПЛА с широким спектром возможной деятельности.

Рынок БПЛА вертолетного типа

Рынок беспилотной техники очень разнообразен, однако есть компании, занимающие лидирующие позиции в этом сегменте. Компания DJI определенно является лидером рынка гражданской беспилотной техники, в продаже имеются как любительские квадрокоптеры, так и промышленные. Например, такие серии, как dji matrix (100,200,300,600) [1]; эти дроны используются преимущественно для мониторинга местности, однако беспилотники имеют свои недостатки. В связи с тем, что компания-производитель зарубежная, многие организации не могут приобрести себе данную технику, таким образом, вкуче с высокой стоимостью аппаратов это делает невозможным покупку данной техники небольшими компаниями.

В России рынок гражданской беспилотной техники представлен такими компаниями, как «Финко» (ГК «Беспилотные системы»), «Геоскан» и др.

Компания «Финко» производит в основном беспилотные самолеты; из линейки квадрокоптеров на данный момент представлено 2 аппарата: X6M2 – многоцелевой дрон крупных размеров (рис. 1) и X4S – компактный защищенный дрон, предназначенный для инспекции опасных объектов, недоступных для других типов БПЛА [2].



Рис. 1. X6M2

Компания «Геоскан» производит как БПЛА самолетного типа, так и квадрокоптеры. Их модельный ряд представлен такими беспилотниками, как «Геоскан Gemini» и «Геоскан 401». «Геоскан Gemini» предназначен для выполнения аэросъемочных работ, у него небольшие размеры и узкая специализация, дрон имеет камеру, направленную только вниз, т. е. нельзя изменить угол съемки. Отличительные особенности «Геоскан 401» – большие размеры и высокая стоимость [3].

Научные наработки

В современное время запатентовано множество беспилотных судов, различных конфигураций и форм.

Классическая схема мультироторного БПЛА состоит из электродвигателей, регуляторов оборотов, полетного контроллера и аккумуляторной батареи (рис. 2). В данном аппарате двигателями управляют регуляторы оборотов, а регуляторами управляет полетный контроллер [4].

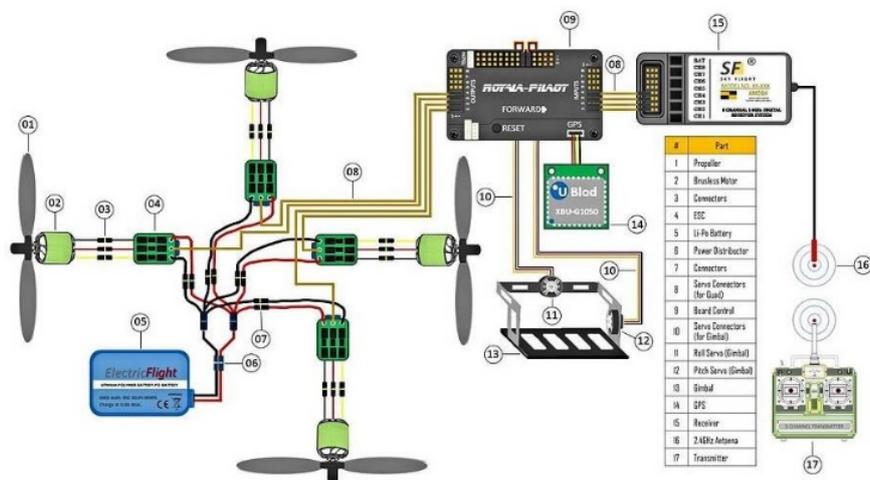


Рис. 2. Схема БПЛА

Помимо классической схемы используется схема, в которой электродвигатели заменены двигателями внутреннего сгорания, а вместо аккумуляторной батареи установлен бак с топливом, также установлен полетный контроллер и регуляторы.

Третий тип БПЛА – это БПЛА гибридного типа. В его основе лежит мультироторная система с электродвигателями, однако в отличие от классической схемы, где для питания двигателей используются только аккумуляторные батареи, в этом дроне в роли основного питающего элемента выступает бензиновый или дизельный электрогенератор, который вырабатывает энергию для работы электродвигателей, а аккумуляторные батареи выступают лишь резервными элементами.

Концепция БПЛА вертикального типа

Для БПЛА выбрана классическая схема расстановки аппаратуры, т. е. состоящая из электродвигателей, регуляторов оборотов, полетного контроллера и аккумуляторной батареи. Другие 2 схемы не подходят из-за сложностей в эксплуатации, а также большого веса. Рама с X-образным расположением двигателей (по 1 двигателю на каждый луч) (рис. 3).

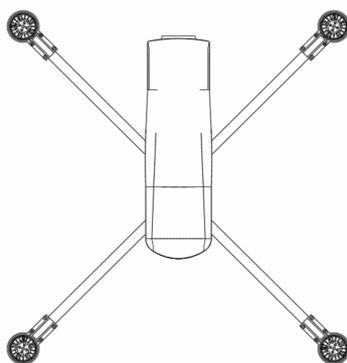


Рис. 3. Схема двигателей

При этом лучи расположены на разном уровне для обеспечения жесткости конструкции и уменьшение размеров (рис. 4).

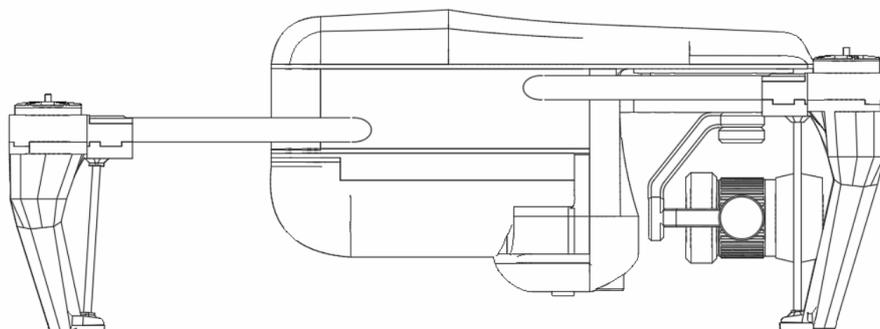


Рис. 4. Схема лучей

Дрон будет иметь винтомоторную группу, состоящую из 4 двигателей формата 4006, 360 kv, а также 15 дюймовых складных пропеллеров. В качестве

регуляторов оборотов будет использоваться плата – регулятор 4 в 1. В качестве полетного контроллера будет использоваться Pixhawk cube, установленный на Mini Carrier Board (рис. 5). Также в качестве полетного контроллера можно использовать любой другой контроллер. Внизу дрона установлены модули LW20/C (лазерный дальномер) и IR-LOCK.



Рис. 5. PIX + Mini Carrier Board

В качестве полезной нагрузки на дроне может использоваться 4к-камера, тепловизионная камера, а также фотокамера (рис. 6). Опционально на дрон может быть установлен jetson nano для обработки информации с полезной нагрузки на самом дроне.

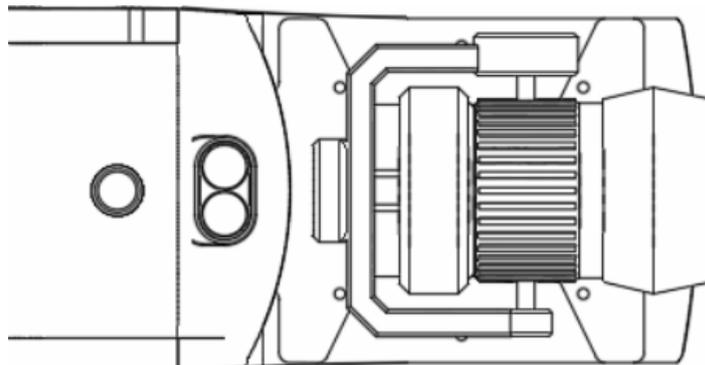


Рис. 6. Полезная нагрузка и блок сенсоров

Для управления дроном используется базовая станция в связке с установленным на дроне блоком связи. Дальность передачи в таком случае может достигать 10 км. При этом взлетная масса дрона может достигать 4 кг, а время полета – до 40 мин.



Рис. 7. Разработанный БПЛА

Заключение

В статье приведен краткий обзор текущих решений в коммерческом секторе и наработки научных коллективов; сделан вывод, что БПЛА вертолетного типа могут найти широкое применение во всех сферах жизни, а также во многом заменить работу человека, что позволит защитить жизни и здоровье работников. Главные преимущества БПЛА в том, что вся сборка может производиться из российских комплектующих, другой плюс – модульность конструкции. Помимо этого существует возможность конфигурации полезной нагрузки, которая может быть изменена под требования заказчика.

Список использованных источников

1. Промышленные БПЛА компании DJI // Официальный сайт компании. – URL: <https://www.dji.com/ru/products/enterprise?site=brandsite&from=nav#drones> (дата обращения: 20.04.21).
2. БПЛА компании ООО «Финко» // официальный сайт ООО «Финко». – URL: <https://supercam.aero/> (дата обращения: 19.04.21).
3. БПЛА компании «Геоскан» // официальный сайт компании «Геоскан». – URL: <https://www.geoscan.aero/ru> (дата обращения: 19.04.21).
4. *Свечников, Г. А.* Мультироторные беспилотные летательные аппараты // Архив работ Олимпиады по истории воздухоплавания, 2015–2016. – URL: http://olymp.as-club.ru/publ/arkhiv_rabot/trinadcataja_olimpiada_2015_16_uch_god/tema_raboty_multirotnye_bespilotnye_letatelnye_apparaty/35-1-0-1743 (дата обращения: 20.04.21).

Ю. А. Ширяева, магистрант, karamel_kin@mail.ru
В. А. Васильев, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Насос трехплунжерный с гидрообъемным приводом

В нефтедобывающей промышленности при строительстве и эксплуатации скважин широко используются трехплунжерные насосы высокого давления с механическим приводом. При размещении насосов на мобильных установках возникает ряд ограничений в реализации компоновочных решений. Переход на гидравлический привод позволяет улучшить технические характеристики насосов и повысить функциональность мобильной установки, расширить возможности компоновки рабочего оборудования, а также обеспечить привод насоса от внешних источников энергии.

Ключевые слова: насос, трехплунжерный гидравлический привод, цилиндр.

Введение

Гидрообъемный насос – машина для подачи жидкости под давлением. Может использоваться в разных сферах производства, например, в нефтяной промышленности, строительстве, в системах водоснабжения и теплоснабжения и т. д. В зависимости от основного рабочего органа бывают поршневые и плунжерные. Плунжеры и поршни выбирают из стандартного ряда: 90, 100, 110, 120, 125, 130 мм и т. д. Плунжерные обеспечивают максимальные давления нагнетания порядка 40–70 МПа, но есть и более.

Насосы с механическим приводом

Классический трехплунжерный насос (НТП), используемый в нефтегазовой отрасли, имеет механический привод, приводимый в действие при помощи механической передачи (зубчатым зацеплением, карданным валом или цепной передачей) от двигателя внутреннего сгорания, например, самоходного колесного или гусеничного шасси или индивидуального палубного двигателя. Применение механического привода требует определенной компоновки и положения насоса относительно двигателя внутреннего сгорания. В большинстве случаев эта компоновка не оптимальна и возникают трудности распределения веса по осям шасси самоходной машины. Другим недостатком механического привода являются значительные трудности в передаче энергии на насос от внешнего источника другой самоходной машины в случае отказа основного привода. Отмеченные недостатки снижают удобство применения гидравлического насоса на самоходных машинах.

Трехплунжерный насос НТП-175 имеет встроенный редуктор и сменные плунжеры. Данный насос предназначен для подачи жидких сред для гидравли-

ческого разрыва пластов, гидropескоструйной перфорации, промывки песчаных пробок, освоения и других промывочно-продавочных работах, проводимых в нефтяных и газовых скважинах. У него обеспечена возможность быстрой замены плунжеров разного диаметра [1]. НТП-175 используется вместо насосов НЦ-320 на установках УНБ-125хР в качестве силового насоса.

Данный насос состоит из гидравлической и приводной части, которые соединены между собой. Приводная часть состоит из станины, в которой установлены продольно-расположенные три шатунно-крейцкопфные группы, расположенный поперечно эксцентриковый вал и цилиндрическую зубчатую передачу. Ведомые полушевроны зубчатой передачи установлены на эксцентриковом валу, а ведущие – на входном (ведущем валу) насоса. Ось ведущего вала встроенной передачи расположена перпендикулярно осям плунжеров [2].

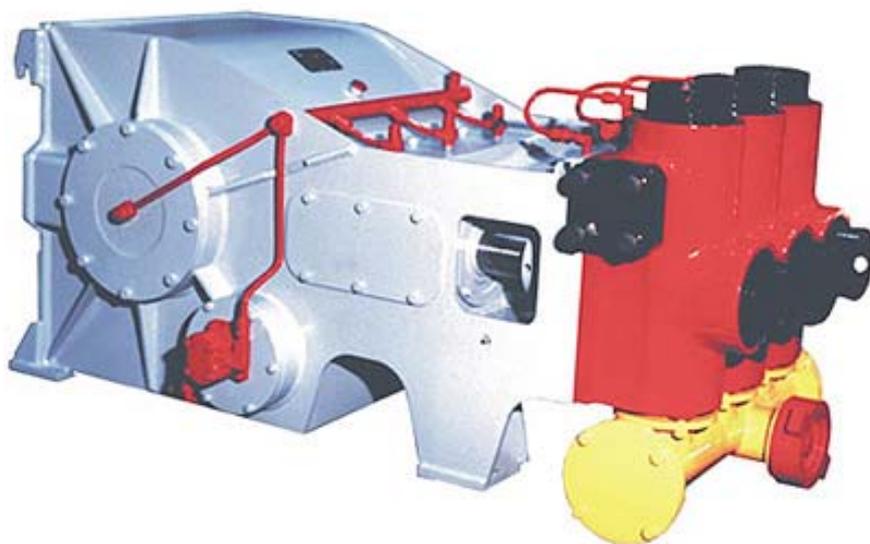


Рис. 1. Общий вид насоса с механическим приводом

Такая конструкция насоса предполагает его установку перпендикулярно продольной оси колесного или гусеничного шасси. При работе насоса в составе агрегата вследствие действия инерционных сил, действующих на детали привода плунжеров, возникают поперечные колебания установки. Это обстоятельство приводит к преждевременному выходу из строя узлов рамы и подвески шасси.

В насосе НТП-175 продольные оси, совпадающие с осями плунжеров, пересекают ось вращения эксцентрикового вала. Угол между продольной осью шатуна и осью плунжера определяет величину силы трения крейцкопфа по постели и, следовательно, степень нагрева и КПД насоса. Уменьшение угла между осями шатунов и плунжеров при рабочем ходе повышает КПД и уменьшит нагрев насоса [2].

Работа насоса с гидрообъемным приводом

Для повышения эффективности работы трехплунжерного насоса предлагается оснастить его гидрообъемным приводом плунжеров взамен механического. Основные технические характеристики потока технологической жидко-

сти остаются неизменными. Из насоса удаляются приводной вал, встроенный редуктор и облегчается конструкция станины (рис. 2).

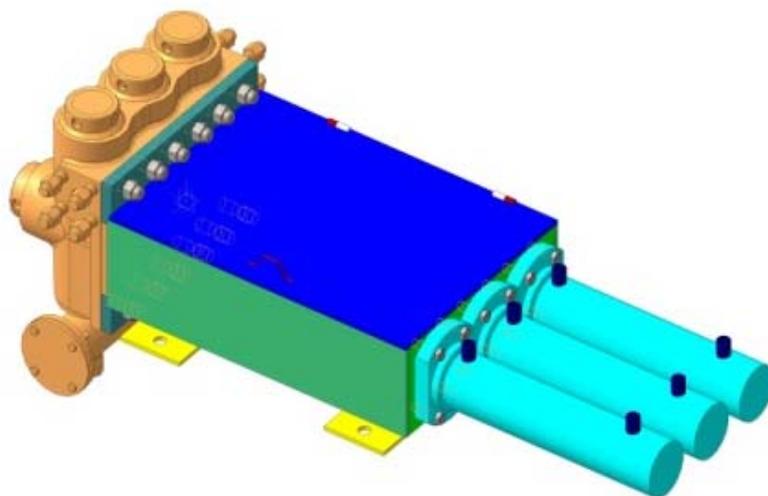


Рис. 2. Общий вид трехплунжерного насоса с гидрообъемным приводом

Модернизированный насос состоит из трех основных частей: гидроблок, станина и гидроцилиндры. Гидроцилиндры крепятся к станине болтовыми соединениями, их штоки соединяются с плунжерами при помощи упругих муфт. Гидроцилиндры, в свою очередь, устанавливаются при помощи фланцев на корпус насоса при помощи болтовых соединений.

Гидроблок состоит из корпуса, впускного коллектора, сменных втулок, плунжеров, клапанов, уплотнений, манжет и крышек (рис. 3). В нижней части гидроблока на шпильках крепится всасывающий коллектор. Всасывающий коллектор снизу оснащен тремя отверстиями, расположенными под каждым всасывающим клапаном, необходимыми для их обслуживания. Эти отверстия снабжены резьбовыми пробками с прокладками.

Управление насосом осуществляется гидравлической системой с электронным управлением (рис. 4). Поток гидравлической рабочей жидкости (РЖ) создает сдвоенный гидронасос, приводимый от штатного двигателя.

При включении привода трехплунжерного насоса все три гидроцилиндра переключаются в режим нагнетания технологической жидкости всеми тремя плунжерами. Для этого в поршневые полости гидроцилиндров через электроуправляемый гидрораспределитель по сигналу с электронного блока управления подается гидравлическая рабочая жидкость (РЖ) аксиально-поршневым гидравлическим насосом из бака.

Для осуществления режима всасывания трехплунжерным насосом, необходимо подать РЖ в штоковую полость гидроцилиндра № 1. При этом шток цилиндра перемещает соответствующий плунжер в гидравлическом блоке, во всасывающем трубопроводе которого образуется разрежение, и происходит всасывание в его полость технологического раствора. РЖ из поршневой полости гидроцилиндра при этом сливается в гидравлический бак через тот же гидрораспределитель.

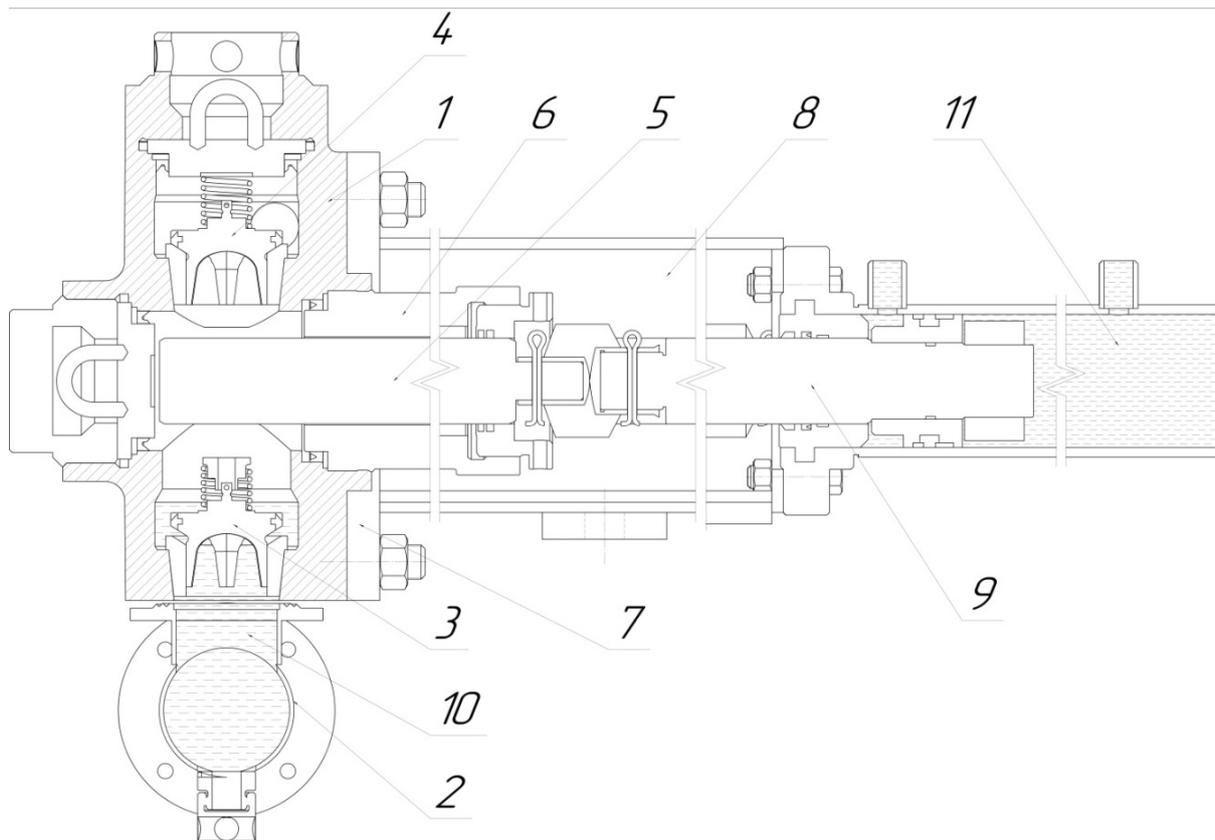


Рис. 3. Трехплунжерный насос с гидрообъемным приводом в разрезе: 1 – гидроблок; 2 – впускной коллектор; 3 – впускной клапан; 4 – выпускной клапан; 5 – плунжер; 6 – сменная втулка; 7 – крышка, 8 – станина; 9 – гидроцилиндр; 10 – технологическая жидкость; 11 – рабочая жидкость

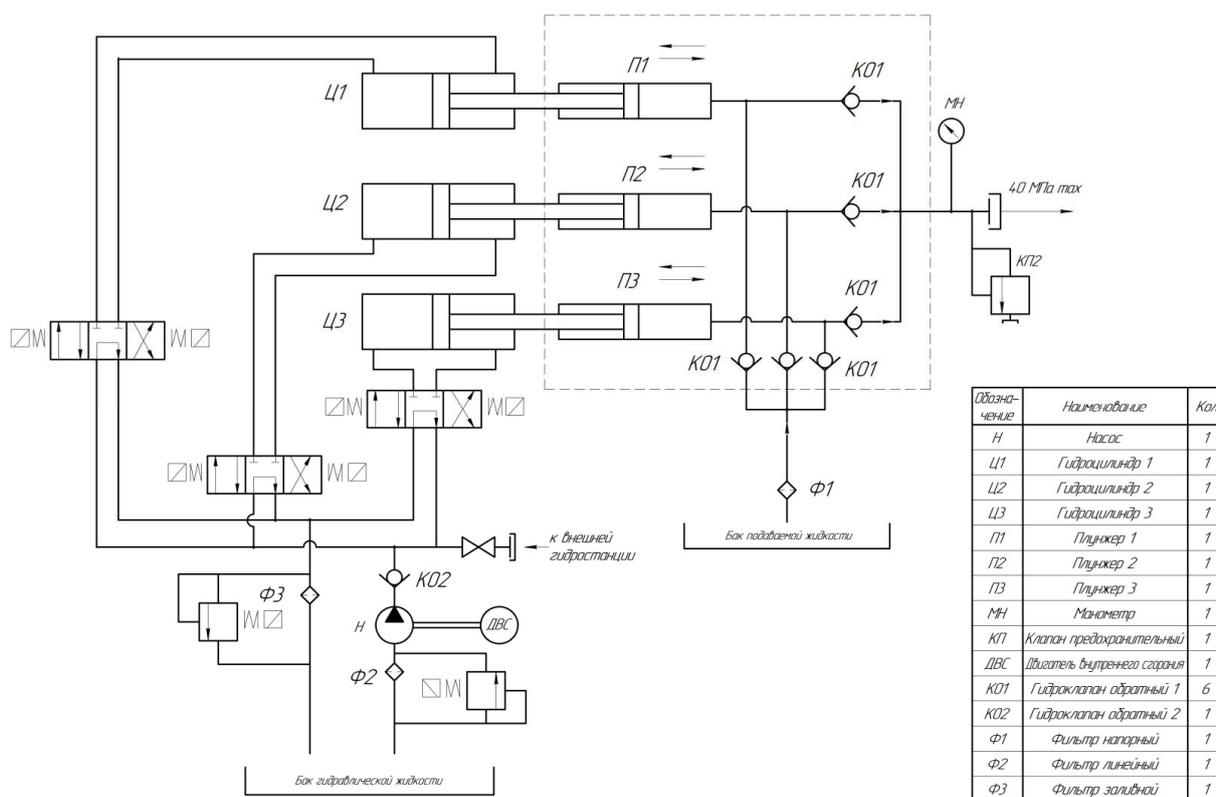


Рис. 4. Схема гидравлическая принципиальная

При достижении положения поршня гидроцилиндра, соответствующего 50 % полного хода (250 из 500 мм.), вступает в действие гидроцилиндр № 2 по аналогии с гидроцилиндром № 1. С этого момента оба гидроцилиндра обеспечивают перемещение соответствующих плунжеров в гидроблоке и суммарную подачу технологической жидкости плунжерным насосом на режиме всасывания.

При достижении поршнем гидроцилиндра № 1 50 % своего хода (250 из 500 мм), вступает в работу гидроцилиндр № 3 с соответствующим плунжером, работающим также на всасывание. С этого момента в работе находятся все три секции насоса.

При совершении поршнем гидроцилиндра № 1 полного хода в 500 мм, цилиндр переключается в режим нагнетания (обратный ход) технологической жидкости. Для этого в поршневую полость гидроцилиндра направляется РЖ.

При достижении гидроцилиндром № 2 своего крайнего положения он также переключается в режим нагнетания технологической жидкости по аналогии с гидроцилиндром № 1. В свою очередь, гидроцилиндр № 3 повторит тот же режим работы.

Выводы

Применение гидрообъемного привода НТП позволило снизить его массу в 1,4 раза, объем занимаемого пространства – в 1,7 раза, в связи с этим расширить возможности компоновки рабочего оборудования, а также обеспечить привод насоса от внешних источников энергии, подключая их параллельно к штатным гидравлическим насосам.

Список использованных источников

1. Ижевский завод нефтяного машиностроения «Ижнефтемаш» // Официальный сайт завода. – URL: <http://izhneftemash.org/> (дата обращения: 20.04.2021).

2. Патент на полезную модель № 102697 U1 Российская Федерация, МПК F04B 3/00, F04B 53/08. Трехплунжерный насос / Платунов В. А., Потапов А. Н., Поздеев А. С. Заявитель ОАО «Ижевский завод нефтяного машиностроения» (ОАО «Ижнефтемаш»): № 2010140404/06 : заявл. 01.10.2010 : опубл. 10.03.2011. <http://elibrary.ru/item.asp> (дата обращения 26.11.2020). – Текст электронный.

Е. А. Шихов, студент, i.shihov.ru@gmail.com
Ю. Р. Никитин, кандидат технических наук, доцент
С. А. Трефилов, кандидат технических наук, доцент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка лабораторного стенда управления линейной направляющей

Рассматривается разработка лабораторного стенда управления линейной направляющей, приведена математическая модель двигателя постоянного тока в пространстве состояний в дискретной форме, описано применение линейно-квадратичного регулятора для управления двигателем постоянного тока. Разработанный стенд можно использовать для проведения лабораторных и практических работ студентами, а также перемещения лабораторных объектов или лабораторного оборудования.

Ключевые слова: лабораторный стенд, линейная направляющая, линейно-квадратичный регулятор, двигатель постоянного тока.

Введение

Целью работы является создание лабораторного стенда для проведения лабораторных и практических работ студентами, а также перемещения лабораторных объектов или лабораторного оборудования.

Линейная направляющая – устройство, предназначенное для линейного перемещения объектов. На сегодняшний день линейные направляющие широко востребованы в области общего и специального машиностроения [1]:

- станкостроение;
- монтажные линии и автоматизированные линии;
- упаковочные оборудование;
- прессы;
- деревообработка;
- и т. д.

Для движения каретки линейной направляющей требуется использовать двигатель. Двигатели постоянного тока нашли широкое применение в различных областях деятельности человека.

Двигатели постоянного тока обладают гибкими пусковыми и механическими характеристиками. Управление скоростью двигателем постоянного тока сводится к управлению напряжением питания самого двигателя.

При разработке системы управления необходимо контролировать переходной процесс и добиваться минимального перерегулирования или его отсутствия; также важно использовать оптимальные параметры регулятора.

Описание стенда

В стенде используется линейная направляющая SNRAXC120S с шарико-винтовой передачей. Структурная схема стенда изображена на рисунке 1.

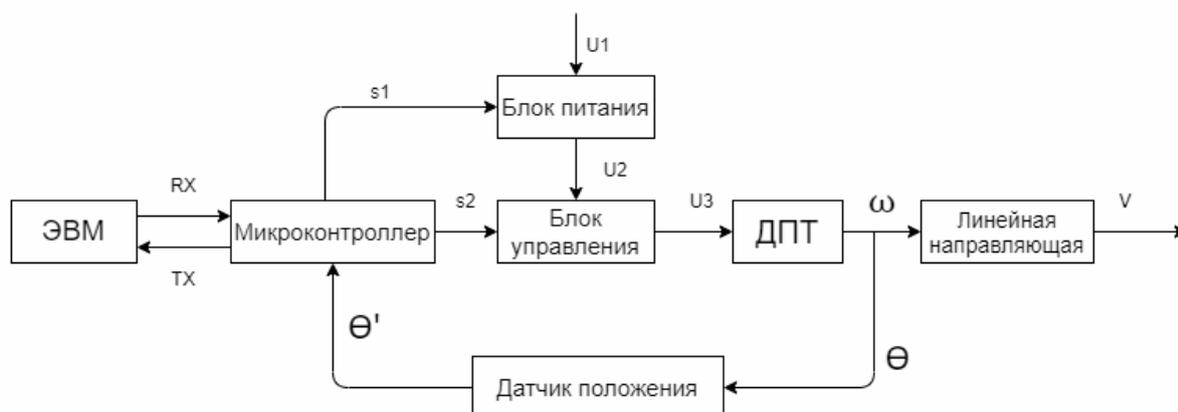


Рис. 1. Структурная схема стенда

С ЭВМ через интерфейс последовательной приемопередачи передается требуемое значение координаты объекта на микроконтроллер. С микроконтроллера на блок питания и блок управления подаются управляющие сигналы s_1 и s_2 . С блока управления на двигатель постоянного тока поступает напряжения питания. Двигатель постоянного тока передает вращательное движение через упругую муфту линейной направляющей, что приводит к линейному перемещению каретки. Координаты каретки определяются датчиком положения, сигнал с датчика поступает на микроконтроллер. По достижению нужного значения микроконтроллер посылает на блок управления сигнал остановки двигателя.

Регулирование, основано на идентификации модели и проектировании LQR, дополненное нелинейным компенсатором обратной связи.

Угловая скорость регулируется входным напряжением u с постоянным падением напряжения, обусловленным сопротивлением щетки и ротора, и обратной электродвижущей силой (ЭДС), вызываемой вращающимся якорем ДПТ.

При решении задач оптимизации в пространстве состояний, линейная стационарная система задана векторно-матричными уравнениями [2]:

$$\mathbf{A}(t) = \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t), \quad \mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t), \quad (1)$$

где $\mathbf{A}(t)$ – матрица состояния объекта; $\mathbf{B}(t)$ – матрица управления (входа); $\mathbf{C}(t)$ – матрица измерения.

Классический квадратичный функционал качества, определяющий энергию управления и перемещения, выражается следующим образом:

$$I = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} (\mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{G} \mathbf{u}) dt, \quad \mathbf{Q} \geq 0, \mathbf{G} > 0, \quad (2)$$

где \mathbf{Q} и \mathbf{G} – положительные произвольно определенные матрицы, которые выбраны подбором или имитационным моделированием.

Матрицы \mathbf{Q} и \mathbf{G} выбраны с учетом штрафа за скорость и затрат на энергию. Решение уравнения для критерия качества, минимизирующее энергию управления и перемещения, определяется выражением

$$\mathbf{u} = -\mathbf{K}\mathbf{x}, \quad (3)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{y}, \quad (4)$$

где \mathbf{K} – матрица Коши, $\mathbf{K} = \mathbf{K}^T$, которая может быть найдена путем решения уравнения Риккати:

$$-\dot{\mathbf{K}} = \mathbf{Q} + \mathbf{A}^T\mathbf{K} + \mathbf{K}^T\mathbf{A} - \mathbf{K}^T\mathbf{B}\mathbf{G}^{-1}\mathbf{B}^T\mathbf{K}, \quad \mathbf{K}(t_f) = 0. \quad (5)$$

На практике матрица Коши находится с помощью функций `lqr` и `dlqr` для аналоговой и дискретной моделей соответственно.

В дискретной форме

$$J \frac{\omega_{k+1} - \omega_k}{T} = M_{\text{я}} - k_{\text{в_тр}}\omega - M_{\text{н}},$$

$$M_{\text{я}} = k_{\text{М}}i_k. \quad (6)$$

Так как регулятор привода должен обеспечивать регулирование по моменту и скорости вращения, то в качестве обобщенных координат выбраны ток якоря I , частота вращения якоря ω . Управлением являются напряжение на якоре U , возмущением – момент сопротивления нагрузки $M_{\text{н}}$. Параметрами модели являются активное сопротивление и индуктивность цепи и якоря, обозначенные соответственно R и L , а также приведенный момент инерции J и конструктивные постоянные $k_{\text{Е}}$ и $k_{\text{М}}$. Разрешив исходную систему относительно первых производных, получим уравнение ДПТ в пространстве состояний.

Запишем векторно-матричную модель ДПТ в дискретной форме:

$$\mathbf{x}(k+1) = \begin{bmatrix} 1 - T \frac{R}{L} & -T \frac{k_{\text{Е}}}{L} \\ T \frac{k_{\text{М}}}{J} & 1 - T \frac{k_{\text{в_тр}}\omega + M_{\text{н}}(k)}{J\omega(k)} \end{bmatrix} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} I(k) \\ \omega(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \mathbf{u}(k); \quad (7)$$

$$\mathbf{y}(k) = \begin{bmatrix} \hat{I}(k) \\ \hat{\omega}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - h\xi & 0 \\ 0 & 1 - h\xi \end{bmatrix} \mathbf{x}(k), \quad (8)$$

где $M_{\text{н}}$ может быть равно нулю в случае холостого хода или иметь постоянное или случайное значение, величина которого нам не известна; $\hat{I}(k)$, $\hat{\omega}(k)$ – из-

меренное значение тока и угловой скорости; $\omega(k+1)$ – запланированное значение угловой скорости, задается с помощью напряжения.

Результат LQR-регулирования представлен на рисунке 2.

Для контроля положения каретки используется инкрементальный энкодер.

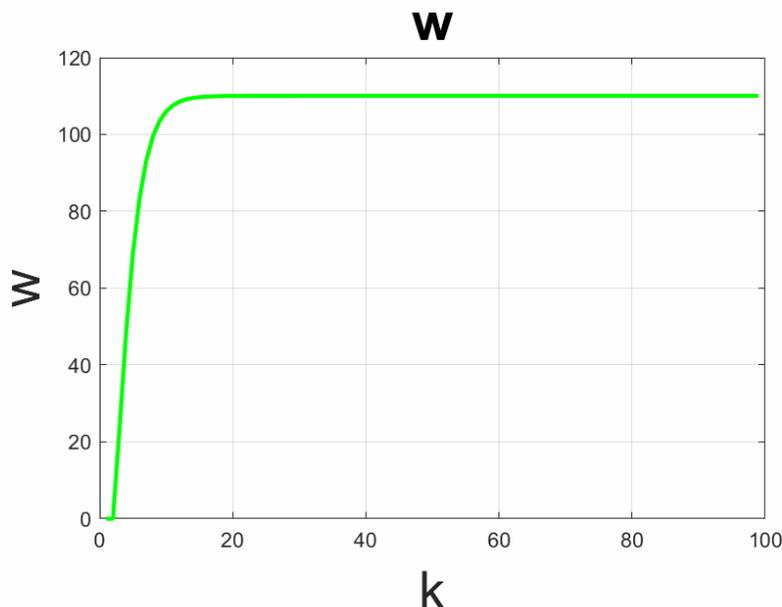


Рис. 2. Переходной процесс регулирования по скорости

Заключение

Разработан и реализован лабораторный стенд управления линейной направляющей с использованием квазиоптимального нелинейного алгоритма управления. Стенд находится в лаборатории технического зрения, расположенной в корпусе № 3 Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова, аудитория 407.

Список использованных источников

1. Линейные направляющие SNR / ntn-snr.com. – URL: <https://www.ntn-snr.com/ru/lineinye-napravlausie-ntn-snr> (дата обращения: 20.04.2021).
2. LQR оптимизация систем управления / habr.com. – URL: <https://habr.com/en/post/441582/?mobile=no> (дата обращения: 20.04.2021).

А. В. Шмырев, студент, sanya_shmyrev@mail.ru
А. А. Данилова, старший преподаватель кафедры «САиУК»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Умная ручка с дисплеем изменения цвета написания и роликом регулирования толщины линий

Описывается конструкция умной ручки с дисплеем для изменения цвета написания и роликом регулирования толщины линий. Рассмотрены аналоги умных ручек с их преимуществами и недостатками. Проведен сравнительный анализ рынка, показано, чем данная ручка отличается от похожих.

Ключевые слова: умная ручка, регулирование толщины линий, дисплей с выбором цвета, изменение цвета чернил.

Введение

Люди используют пишущие приспособления с давних времен. Благодаря им человек выражал свои мысли и идеи. Ручка прошла продолжительный путь эволюции и изменений до того состояния, какой мы ее знаем сейчас. В настоящее время люди пользуются пишущими средствами довольно часто, и сложно представить нашу жизнь без этого инструмента. И хотя многие сегодня используют различную компьютерную технику для письма, ручка все равно остается классическим средством написания текстовой информации. Новейшие исследования американских ученых в области детской психологии и педиатрии показали, что письмо «от руки» стимулирует активность мозга, совершенствует мелкую моторику в отличие от печатанья, дает возможность прогнозировать школьную успеваемость ребенка [1].

Человек пользуется ручкой на работе, учебе и в повседневной жизни. Иногда при работе обычная ручка может не подойти. При необходимости написания другим цветом или изменения толщины линий придется брать другое пишущее средство. Это может отрицательно сказаться на продуктивности или вовсе отбить желание заниматься делом. Чтобы этого избежать, необходимо дать ручке многофункциональность. Умная ручка станет отличным вариантом.

Темой данной статьи является разработка умной ручки, в которой можно изменять цвет написания и толщину линий пишущего средства. Данный продукт из-за его функционала может быть полезен каждому человеку в самых различных сферах деятельности. Задача исследования – изучение рынка умных ручек, предмет исследования – модификация пишущей ручки за счет добавления в нее новых функций.

Виды умных ручек и их функции

Человечество придумало огромное разнообразие различных ручек. Их можно поделить по некоторым признакам: чернила (шариковые, масляные, гелевые). Шариковые ручки в результате своей эволюции разделились на три типа, отличающиеся друг от друга свойствами чернил: ручки с пастообразными чернилами, ручки-роллеры и ручки с гелевыми чернилами [2]. Наконечник (стандартный, игольчатый, ПРЕМЕС (из вольфрама)); материал корпуса (пластик, технология soft-touch, технология двойного литья). Как мы видим, разновидностей ручек довольно много, и каждый выбирает на свое усмотрение. Рассмотрим более подробно, какие виды умных ручек существуют.

Ручка Scribble (рис. 1) – умная ручка, способная отсканировать любой цвет и сразу начать рисовать или писать им. Данное средство было предложено Марко Баркером и Робертом Хоффмановым в 2014 г. и на сегодняшний день имеет высокий показатель спроса. Scribble также хранит ваши цвета, так что вы можете загружать, делиться ими и использовать их где угодно и когда угодно [3]. Принцип работы данной ручки состоит в том, что в ней установлен специальный датчик. При наведении его на любой объект, датчик захватывает цвет, которым впоследствии можно писать на листе бумаги. Без остановки данным гаджетом можно пользоваться 15 ч. Хорошим плюсом данной ручки является ее уникальность на рынке, из недостатков – размер и толщина ручки по сравнению с классическими моделями.



Рис. 1. Внешний вид ручки Scribble

Ручка Cronzy – гаджет от компании Cronzy Inc. из Лос-Анджелеса, была представлена в 2014 г. на краудфандинговой площадке Kickstarter. На данный момент проект находится в заморозке. Ручка представлена в 2 цветах – серебряный и черный (рис. 2).

С помощью специального сканера ручка умеет распознавать до 16 миллионов оттенков и воспроизводить их СМУКВ-чернилами, которые заключены в фирменный картридж [4]. У данной ручки есть возможность выбрать любой цвет, достаточно просто иметь под рукой смартфон с установленным на нем специальным приложением. Информация о выбранном цвете с телефона отправляется на ручку. Плюсом ручки является ее вес – он составляет всего 95 г, недостатком – батарея: при полной зарядке аппарат сможет писать всего 7 ч.



Рис. 2. Вида ручки Cronzy

Разрабатываемая умная ручка

Предлагаем ручку с дисплеем для изменения цвета написания и роликом регулирования толщины линий.

Внешний вид разрабатываемого продукта практически не отличается от классической ручки за исключением того, что в корпусе умной ручки установлен ролик, регулирующий толщину линий, которую стержень оставляет на листе бумаги, и дисплей, благодаря которому можно выбрать цвет написания. Эта ручка подойдет любому кругу людей – инженерам, художникам, дизайнерам, а также школьникам и студентам (рис. 3).

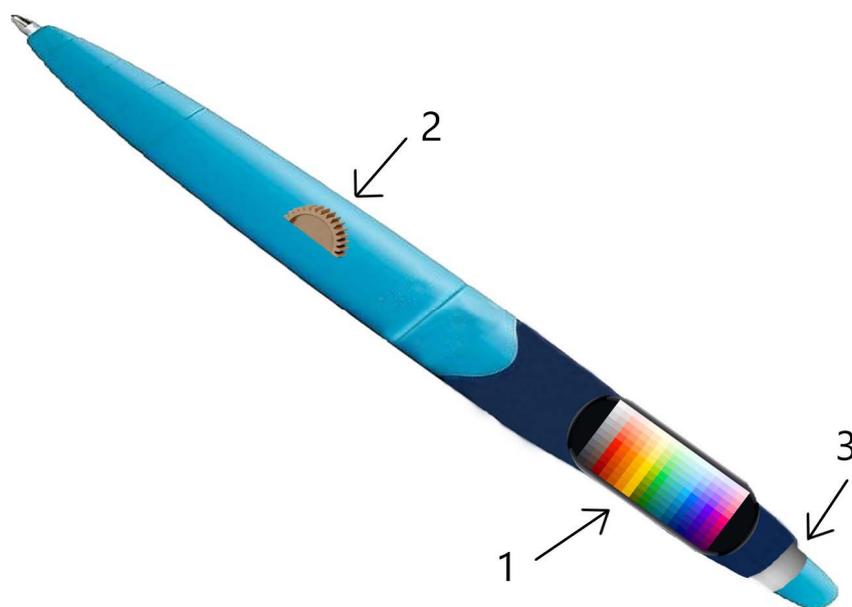


Рис. 3. Разрабатываемая умная ручка: 1 – дисплей; 2 – ролик; 3 – кольцо с подсветкой

При вращении ролика наконечник ручки будет становиться то тоньше, то толще. Таким образом, можно с легкостью менять толщину линии написания. Ролик установлен чуть выше грипа (у основания ручки), чтобы в процессе пользования нельзя было его случайно задеть. Данный механизм будет работать в 2 стороны – как по часовой стрелке, так и против нее. Ролик сделан из алюминия, благодаря чему он будет прочным и не добавит лишнего веса ручке.

Дисплей данной ручки – цветная AMOLED-матрица с разрешением 125×245 точек. Плотность пикселей 290ppi, что говорит о четкости и реалистичности изображения. Для точного выбора цвета можно увеличить масштаб цветовой палитры, сводя и разводя пальцы по экрану. При выборе нужного цвета на дисплее появится расширенный спектр оттенков.

В верхней части ручки находится кольцо с подцветкой, цвет которой соответствует подобранному. Благодаря этому пользователь будет точно знать, какой цвет он выбрал.

Чтобы добиться нужного цвета, в ручке будут использоваться СМУКВ-чернила, они находятся в специальном картридже. Чернила будут смешиваться непосредственно в ручке, и когда они закончатся или высохнут, картридж с чернилами можно с легкостью заменить.

Работа СМУКВ-чернил заключается в том, что в капсулах картриджа будут заключены 5 цветов: голубой, пурпурный, желтый, белый и черный. При выборе пользователем на дисплее определенного цвета нужные чернила заливаются в емкость для смешивания и оттуда полученный цвет попадет в стержень ручки (рис. 4).

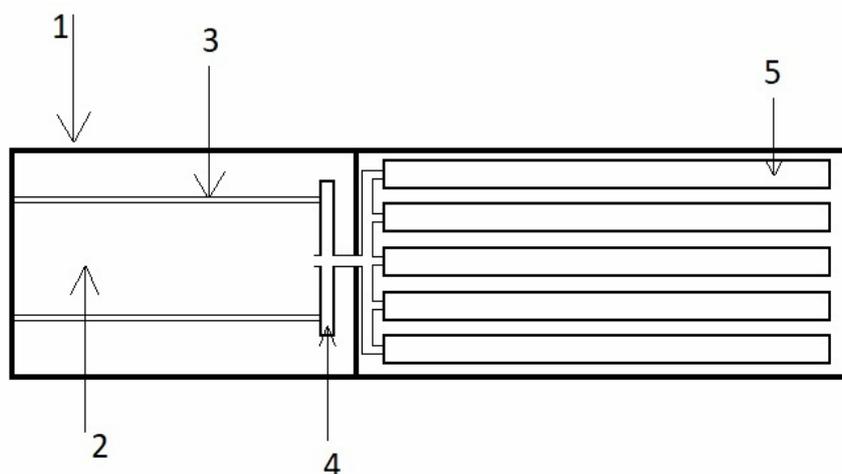


Рис. 4. Схема СМУКВ-чернил: 1 – корпус ручки; 2 – стержень ручки; 3 – стенки стержня; 4 – емкость для смешивания чернил; 5 – капсулы с чернилами

При полной заправке чернил хватит, чтобы провести линию в 600 м. Поскольку инженерное решение распределительного механизма цветов позволило максимально приблизить замену цвета у пера, остаток в перьевом канале быстро вымывается, т. е. прописывается следующим цветом с длительностью не более строки в стандартном листе [5].

Заключение

В ходе проделанной работы изучен рынок умных ручек, проведен их сравнительный анализ и указаны плюсы и минусы аналогов. Это послужило разработке улучшенного товара. Итогом работы является разработка умной ручки с дисплеем для изменения цвета написания и роликом регулирования толщины линий.

Список использованных источников

1. Голохина, Н. А. Клавиатура и шариковая ручка: борьба или союз / Н. А. Голохина, В. В. Чаплыгина. // Юный ученый. – 2017. – № 2.2 (11.2). – С. 27–29.
2. Плинатус, А. А. Шариковые ручки: основные этапы развития, современное устройство и разновидности / А. А. Плинатус, Д. А. Шлыков // Энциклопедия судебной экспертизы. – 2019. – № 1 (20). – С. 45–70.
3. Scribble. – URL: <https://ru.scribblepen.com/> (дата обращения: 03.04.2021).
4. Cronzy – ручка, рисующая любым цветом. – URL: <https://24gadget.ru/1161063372-cronzy-ruchka-risuyuschaya-lyubym-cvetom-12-foto-video.html> (дата обращения: 03.04.2021).
5. Патент № 2022801 С1 Российская Федерация, МПК В43К 27/08. Авторучка: № 4902757/12: заявл. 16.01.1991 : опубл. 15.11.1994 / Родин В. П.

Р. А. Щербаков, бакалавр
Ю. А. Сидорова, бакалавр, sidorovaulia650@gmail.com
А. А. Данилова, ст. преподаватель кафедры «САиУК»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Шлем специального назначения

Данная статья связана с разработкой шлема специального назначения. Рассмотрены назначение и способ использования продукта. Проведен сравнительный анализ данного продукта и разработана оптимальная конструкция изделия, в котором учтены недостатки аналогов, а также представлена схематичная модель.

Ключевые слова: шлем, специальное назначение, тепловизор, пуленепробиваемость, комфортность, мобильность.

Введение

Война – конфликт между политическими образованиями, возникающий на почве разных взглядов, целей и убеждений. За всю историю человечества люди не воевали всего 240 лет, все остальное время возникали какие-либо политические противоречия. Лидеры стран решают, как действовать, а солдаты выполняют приказы. Чтобы обезопасить человека, придумана экипировка, защищающая тело. Представляем шлем с встроенными в него тепловизорами, камерами и регуляторами температуры.

Виды шлемов специального назначения

Темой данной статьи является разработка шлема, который представляет собой средство защиты головы военного, обладающее вспомогательными функциями для ведения боя: обнаружение противников в темноте с помощью тепловизоров, возможность видеть в темноте с помощью камер ночного видения, регулирование температуры головы и возможность радиопереговоров.

Шлем обеспечивает защиту головы военнослужащего от попадания пуль и обладает повышенной осколочной стойкостью. Данное изделие военной экипировки очень важно человеку во время боевых действий, так как при попадании пули в голову образуется большая вероятность ликвидации человека, в лучшем случае его полная небоеспособность. Показателями шлема являются его пуленепробиваемость и легкость (для облегчения давления на тело), что отмечается в нескольких источниках [1, 3–5].

Таким образом, среди многообразия шлемов военного класса, в частности пехотинцев, лучшим вариантом будет легкий и крайне прочный шлем. Рассмотрим более подробно шлем специального назначения.

На сегодняшний день существует несколько видов шлемов с данными характеристиками. Аналогов разработанному шлему со всеми указанными характеристиками моделей нет.

Рассмотрим достоинства и недостатки некоторых из них.

Умный шлем от компании Nytera предназначен для выполнения трех важных функций: бесконтактное измерение температуры человека; быстрое распознавание лиц и проверка личности; наблюдение в темноте за счет тепловизора. Принцип работы состоит в выводе на AR-модуль картинки с тепловизора, а также анализа с камеры для распознавания лиц. Главными преимуществами являются усовершенствованный ударопрочный материал с энергополагающей конструкцией, усовершенствованный фотохромный материал с многократной защитой очков, эффективность и точность анализа температуры, но есть недостаток – слабая бронеспособность конструкции.

Экспериментальный умный шлем HEaDS-UP является модификацией армейского шлема. Предназначен для улучшенной защиты головы, амортизирует удары. Преимущества данного шлема – пуленепробиваемость и камера ночного видения, недостаток – отсутствие регулировки температуры головы для благоприятного пребывания в нем [2].

Разработка шлема специального назначения

Проанализировав разновидности шлемов современного вида, мы приняли во внимание достоинства и недостатки этих моделей и предлагаем конструкцию шлема специального назначения.

Разрабатываемый продукт выглядит как шлем «Алтын», но в более футуристичном виде, лучше оборудован. На шлеме установлены камеры разного типа – тепловизор, камера ночного видения. Данные камеры работают за счет аккумулятора, установленного на тыльной стороне шлема, что предотвращает возможность вывести их и строя во время стрельбы в лоб, а также такое положение источника питания обеспечивает комфортность пребывания в шлеме. Аккумулятор дает питание не только для камер, но и для регулятора температуры и рации.



Шлем специального назначения

Шлем имеет форму головы, данные модели должны изготавливаться на заказ для индивидуального ношения. Цвета данной экипировки преимущест-

венно имеют камуфляжные вариации (на рисунке представлен камуфляж «серый город»). Тепловизоры на основе модели Seek Thermal Compact Pro. Камера ночного видения на модели RpiIR-CUT. Сам шлем выполнен из арамидного волокна и титановых вставок, что обеспечивает максимальную защиту головы.

Для военнослужащих важна мобильность и защита, поэтому в ходе анализа аналоговых образцов была разработана конструкция, совмещающая в себе характеристики: пуленепробиваемость, комфортность, коммуникабельность, мобильность.

Пуленепробиваемость данного шлема обеспечивается за счет прочности титана и арамидных волокон. Конструкция содержит титан только на половине шлема с лицевой стороны, это позволяет снизить затраты на материал и обеспечить легкость конструкции.

Комфортность достигается за счет регулятора температуры, рассчитано на минусовые температуры, так как внутри шлема встроены нагревательные элементы.

Коммуникабельность данного шлема обеспечивается за счет встроенной рации. Это позволяет обеспечивать связь с отрядом и слаженность выполнения поставленной задачи.

Заключение

В ходе проведенного исследования был изучен рынок современных шлемов, выделены товары-аналоги и произведено их аналитическое сравнение, которое легло в основу разработки улучшенного товара. Результатом стала разработка конструкции шлема специального назначения.

Перспективы дальнейшей работы над проблемой можно увидеть в более детальной проработке конструкции шлема специального назначения и адаптации изделия к рынку аналогов. В будущем планируется создание опытного образца.

Список использованных источников

1. Ударная волна взрыва и защитные свойства шлема / И. Е. Жуков, А. В. Милев, А. В. Серов, А. А. Котосов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 9-10. – С. 87–88.
2. Новый продукт «умный шлем» в портфеле беспроводных решений компании «Арман» : Обзор эксперта // Системная интеграция для промышленности. – URL: <https://arman-engineering.ru/news/novyj-produkt-umnyj-shlem-v-portfele-besprovodnyh-reshenij-kompanii-arman-obzor-jeksperta/> (дата обращения: 03.04.2021).
3. Субтропический шлем // Военно-исторический журнал издание министерства обороны российской федерации. – URL: <http://history.ric.mil.ru/Stati/item/118166/> (дата обращения: 03.04.2021).
4. Развитие техники и технологии испытания баллистических шлемов / Е. А. Чернышов, И. Д. Романов, А. Д. Романов, Р. О. Горбатов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – Комсомольск-на-Амуре, 2019.
5. Модернизация бронешлема с целью защиты головы военнослужащего от теплового воздействия / М. М. Леонтьев, А. И. Кудрин, М. А. Михальченков, С. С. Гринчук, Т. А. Мартирова // Известия Российской военно-медицинской академии. – 2020. – № 2713-2315.

К. Н. Юферев, магистрант, yuferev98@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Технико-экономическое обоснование внедрения RFID-технологии на предприятии

Рассмотрены вопросы внедрения RFID-технологии на примере ЗАО «Удмуртнефть бурение». Исследуется сущность технологии радиочастотной идентификации (RFID-технология). Представлены базовые компоненты RFID-системы, ее преимущества. Произведен расчет экономического эффекта от реализации внедрения RFID-технологии. Сделан вывод о перспективах внедрения RFID-технологии в производственную деятельность ЗАО «Удмуртнефть бурение».

Ключевые слова: RFID-технологии, буровой инструмент, ERP-система, автоматизация производства, эффективность предприятия.

Введение

В структуре затрат предприятия нефтегазовой отрасли велика доля материально-технической базы, включая оборудование на буровых площадках и месторождениях. Бурильные трубы – одна из капиталоемких статей затрат, которая может составлять до 25 % от общего фонда. В соответствии с регламентом ЗАО «Удмуртнефть бурение» по эксплуатации и учету движения бурильных труб и переводников каждая труба должна пройти тщательную проверку, получить индивидуальную маркировку, отраженную в виде клейма. Однако в процессе эксплуатации клеймо стирается, залепляется грязью. Все это приводит к невозможности точного единичного отслеживания. Поэтому еще при поступлении новые трубы одного типоразмера, группы прочности и завода изготовителя объединяются в комплекты. На новый комплект специалистами оформляется паспорт комплекта, далее трубы перемещаются на буровую площадку для ввода в эксплуатацию.

После ввода в эксплуатацию первой трубы из комплекта начинается счет наработки по часам циркуляции для комплекта в целом. В результате реальное состояние и текущий ресурс отдельной бурильной трубы достоверно определить невозможно, кроме как по внешним признакам ее физического износа при проведении дефектоскопии. Впоследствии возникает ситуация, когда трубы с малой наработкой могут быть выведены из эксплуатации по причине предельной наработки всего комплекта. Однако, зная индивидуальную наработку, можно указать на неиспользованные трубы и тем самым добиться увеличения срока полезного использования всего комплекта.

Известны современные методы индивидуального отслеживания наработки бурильной трубы. Одним из них является технология радиочастотной идентификации – RFID.

Целью написания настоящей работы является проведение технико-экономического обоснования внедрения RFID-технологии на предприятии.

Основные задачи работы:

1. Определить сущность технологии радиочастотной идентификации (RFID).
2. Проанализировать возможность применения RFID-технологии с буровым инструментом.
3. Определить экономический эффект от реализации внедрения RFID-технологий на бурильные трубы предприятия.

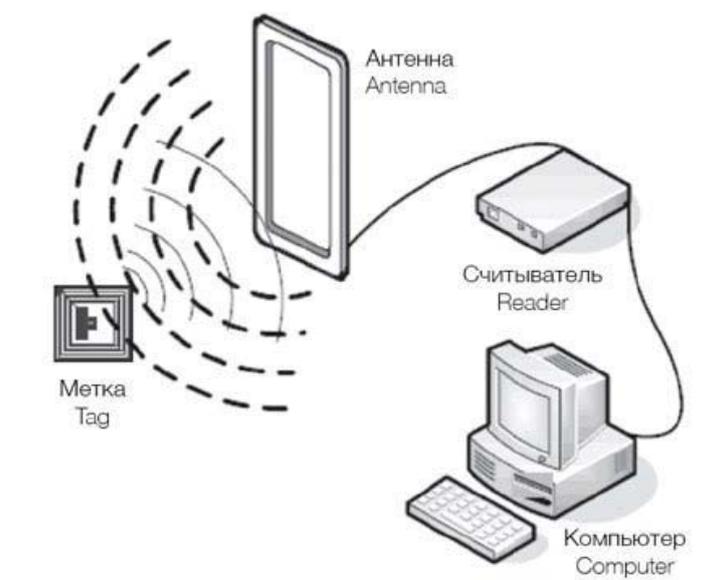
Объектом исследования выступает ЗАО «Удмуртнефть бурение».

Технология радиочастотной идентификации (RFID)

RFID-технология основана на бесконтактном обмене сигналами между меткой, расположенной на отслеживаемом предмете, и считывателем. В ее основе лежит радиочастотное электромагнитное излучение (RFID – это Radio Frequency Identification, т. е. радиочастотная идентификация), которое позволяет не только автоматизировать учет техники, но и определить наработку каждого инструмента в настоящем времени [1].

В качестве отслеживаемого предмета рассмотрим бурильные трубы ЗАО «Удмуртнефть бурение».

Программно-аппаратный комплекс на базе технологии RFID включает в себя программное обеспечение, инновационные радиочастотные метки, антенну, считывающее устройство (рисунок).



Базовые компоненты RFID-системы

Таким образом, при поступлении промаркированных бурильных труб на месторождения, считывающие устройства сканируют электромагнитные волны,

распространяемые метками, анализируют и дешифруют их и отправляют данные в программу учета [2]. При этом в программе будет полная информация о поступившем оборудовании (электронный паспорт), времени спуска бурильной трубы, места нахождения и ее наработке.

Стоит отметить, что, зная наработку одной бурильной трубы, не возникнет необходимости в дефектоскопии бурильных труб всего комплекта после наработки 2000 ч. Данные значения позволят сократить затраты на ремонт и увеличить срок полезного использования комплекта бурильных труб.

Выделим преимущества RFID-технологии [3–5]:

- автоматизация контроля перемещения;
- оперативность регистрационной информации;
- сокращение учетного документооборота;
- упрощенный поиск и чтение электронных паспортов бурильных труб.

Технология должна отвечать потребностям бурового предприятия с учетом эксплуатации оборудования в агрессивных средах, обеспечивая абсолютное распознавание меток в поле чтения.

Для сканирования RFID-меток, установленных в бурильных трубах, применяют 2 типа RFID-считывателей [6, 7]:

- 1) стационарные RFID-считыватели с антеннами;
- 2) мобильные RFID-считыватели.

Антенны со стационарными RFID-считывателями устанавливаются на роторной площадке или под ротором буровой установки. При прохождении бурильной трубы с RFID-меткой через кольцо автоматически происходит ее считывание. Мобильные RFID-считыватели применяют для ускорения операций по инвентаризации, поиску, перемещению, а также нахождению электронных паспортов бурильных труб [8, 9]. Мобильные RFID-считыватели могут регистрировать метки на дистанции до 1 м.

Анализ результатов

Представленные технологии активно используются на предприятиях ООО «Газпром бурение», ООО «РН-бурение», China Petrochemical Corporation (Sinopet Group) и др. Результат реализации технологии является положительный экономический эффект [10].

Поэтому будет целесообразно произвести расчет стоимости внедрения RFID-меток на бурильные трубы, которые использует ЗАО «Удмуртнефть бурение» при строительстве нефтяных скважин.

В таблице 1 представлен расчет затрат на оснащение RFID-метками одного комплекта бурильных трубы БК89 (по 1 метке на трубу), RFID-сканерами и антеннами для считывания метки и учета реальной наработки каждой трубы из комплекта.

Представленные затраты можно дополнительно разделить на переменные и условно единовременные. Так к переменным расходам будет относиться корпусная метка, так как ее установка необходима на каждой отдельной трубе и из-за особой технологии крепления она не может быть демонтирована и использоваться повторно. Оба вида RFID-считывателей и антенна считаются условно

единовременными затратами. Так как они прикрепляются к буровой бригаде, могут работать длительное время и не требуют замены вместе с новым комплектом бурильных труб. В масштабе увеличения применения технологии требуется оснащение каждой буровой бригад отдельным комплектом считывателей и антенн.

Таблица 1. Расчет затрат на оснащение RFID-метками одного комплекта бурильных трубы

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость оборудования, руб.
Корпусная метка GO-RFID Nautilus-3	263 шт.	275 888
Стационарный RFID-считыватель Impinj Speedway Revolution R420	1 шт.	117 820
Мобильный RFID-планшет Senter ST907 W-HG+E	1 шт.	79 240
Антенна RFID GR 310CA	1 шт.	10 900
Итого		483 848

Параллельно с установкой оборудования необходимо произвести работы по внедрению в деятельность предприятия специального программного обеспечения и обучить персонал. В таблице 2 представлены расходы по установке оборудования и обучения персонала.

Таблица 2. Расчет затрат по установке оборудования и обучения персонала

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость, руб.
Обучение персонала, часов	72	108 000
Лицензированное программное обеспечение	–	787 000
Проведение работ по подключению аппаратуры, часов	40	44 000
Работа завода-изготовителя по внедрению RFID-метки, шт.	263	52 550
Итого		991 550

Данные расходы можно также разделить на переменные и условно единовременные. К переменным расходам можно отнести работу завода-изготовителя по внедрению RFID-метки и проведение работ по подключению аппаратуры на буровой площадке. Остальные затраты могут быть определены как условно единовременные.

Таким образом, совокупные затраты на покупку, установку RFID-оборудования и обучение персонала на 1 комплект бурильной трубы составят 1 475 398 руб. Из них единовременных затрат – 1 102 960 руб., переменных – 372 438 руб.

В 2020 г. ЗАО «Удмуртнефть бурение» приобрело 3 комплекта бурильной трубы БК89 для трех буровых бригад на сумму 25 066 317 руб. (8 355 439 руб./комплект). В таком случае расходы на внедрение технологии составят 2 558 230 руб. Из них единовременных затрат – 1 518 880 руб., переменных – 1 039 350 руб. Расшифровка представлена в таблице 3.

Таблица 3. Расчет затрат на оборудование 3 буровых бригад и 3 комплектов бурильных труб, руб.

Наименование оборудование	Кол-во	Стоимость, руб.
Корпусная метка GO-RFID Nautilus-3, шт.	789	828 450
Стационарный RFID-считыватель Impinj Speedway Revolution R420, шт.	3	353 460
Мобильный RFID-планшет Senter ST907 W-HG+E, шт.	3	237 720
Антенна RFID GR 310CA, шт.	3	32 700
Обучение персонала, часов	72	108 000
Лицензированное программное обеспечение	–	787 000
Проведение работ по подключению аппаратуры, часов	120	132 000
Работа завода-изготовителя по внедрению RFID-метки, шт.	789	78 900
Итого		2 558 230

Очевидно, что при покупке 3 комплектов труб необходимократно увеличить расходы на RFID-датчики и их установку. Поскольку 3 комплекта предназначены для 3 буровых бригад, необходимо обеспечить их RFID-считывателями, антеннами и произвести работы по их подключению. При дальнейшей работе обеспеченные буровые бригады не требуют дополнительных затрат по этим статьям. Затраты на обучение персонала и лицензированное ПО остаются без изменения.

Предполагается, что экономия достигается за счет наличия и обработки достоверной информации об индивидуальной наработке каждой трубы. Зная данную информацию, возможно:

- оптимизировать использование отдельной бурильной трубы, тем самым увеличить срок полезного использования всего комплекта;
- сократить затраты на проведение дефектоскопии и текущего ремонта; отказ от полной замены, ремонта комплекта труб и переход к точечному ремонту наиболее изношенных частей комплекта.

Если все новые комплекты, купленные за следующий год, будут оборудованы RFID-датчиками, формируется кумулятивный эффект увеличения срока полезного использования в размере 60 % в пересчете на время наработки одного комплекта. Экономия образуется в будущих периодах и составит 4 988 803 руб. Таким образом, чистый эффект от увеличения производственного времени составит 2 430 573 руб., или 29,2 % от нового комплекта бурильных труб в текущих ценах.

Заключение

Экономический эффект от реализации данного проекта полностью отобразить достаточно сложно. Так как с помощью RFID-технологии сокращаются затраты на дефектоскопию, упрощается учет и др. Кроме того, в данной работе рассмотрен только один из многочисленных буровых инструментов и прочих складских запасов. В перспективе существует возможность построения полноценной ERP-системы управления бизнес-процессами на основе радиочастотной идентификации, что приведет к еще большей автоматизации и эффективности производства.

Предлагаемая технология может быть внедрена в производственную деятельность ЗАО «Удмуртнефть бурение». Индивидуальный учет наработки при помощи RFID-технологии увеличивает срок полезного использования буровых труб и формирует условия для повышения эффективности работы предприятия.

Список использованных источников

1. *Бондаревский, А. С.* Проектирование средств радиочастотной идентификации (RFID) / А. С. Бондаревский, Р. В. Золотов // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 9. – С. 19–23.
2. *Демарчук, В. В.* Перспективы и направления реализации проектов «интеллектуальных» месторождений нефти и газа // Молодой ученый. – 2014. – № 19 (78). – С. 284–289.
3. *Нерослов, А. М.* Внедрение метода кустового бурения на Западном Урале как начало технико-экономической революции в мировом бурении // Технологос. – 2020. – № 3. – С. 47–57.
4. *Ксенофонтов, Ю. Г.* Вопросы обеспечения потребностей в дизельном топливе буровых установок удаленных нефтяных месторождений // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сборник научных статей по итогам VIII Международной научной конференции, 2020. – С. 67–69.
5. *Бородин, А. И.* Цифровые технологии в нефтегазовой отрасли: основные направления и тенденции развития // Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития : сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции : в двух томах. – Изд-во Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, 2020. – С. 274–276.
6. *Зайцева, К. Н.* Цифровые тенденции экономики строительства / К. Н. Зайцева, Е. А. Киязова // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 12-1. – С. 56–61.
7. *Васильева, Н. В.* Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли / Н. В. Васильева, И. А. Бачуринская // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 7. – С. 39–46.
8. *Федорова, А. В.* Обзор цифровой трансформации на основе новых технологий в нефтяной отрасли / А. В. Федорова, М. С. Чухлатый, А. В. Набоков // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 2 (62). – С. 35.
9. *Грахов, В. П.* Стратегическое планирование инновационных проектов / В. П. Грахов, Е. Ю. Лекомцева // Вестник Ижевского государственного технического университета, 2012. – № 2. – С. 75–77.
10. *Лысенков, М. С.* Преимущества внедрения цифровых технологий в нефтедобыче // Молодой ученый. – 2020. – № 37 (327). – С. 96–98.

XL НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЕЖИ АО «ИЭМЗ «КУПОЛ» (СТУДЕНЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ)

УДК 331

*Т. Л. Петрова**, магистрант, petrova_tanjsch@mail.ru

Е. А. Сабурова, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «МОИС»
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

М. В. Катышева, зам. начальника управления, начальник отдела обучения персонала
АО «ИЭМЗ «Купол»

Оценка эффективности обучения персонала на АО «ИЭМЗ «Купол»

Расчет результативности обучения включает в себя анализ анкетирования работников по результатам обучения, учитываются показатели тестирования, проведен сравнительный анализ эффективности обучения по результатам прошлых лет. Разработанная методика позволяет оценить результативность обучения при минимальных затратах.

Ключевые слова: обучение, компетенции, методика, оценка, эффективность, результативность.

Введение

Каждый год отдел обучения проводит большую работу по приведению в соответствие требуемого уровня компетенций персонала [1–3].

За 2020 г. было обучено 4245 человек, что составило 50 % от всей численности работников АО «ИЭМЗ «Купол». Обучение проходит по следующим направлениям: школа новых информационных технологий, школа качества, школа молодого работника и специалиста, школа руководителя, экономическая школа, обучение в Ростехнадзоре, подготовка вновь принятых рабочих, повышение квалификации работников, обучение рабочих вторым профессиям, обучение на КЦН, семинарах и конференциях.

© Петрова Т. Л., Сабурова Е. А., Катышева М. В., 2021

* Петрова Татьяна Леонидовна является призером студенческой секции XL Научно-технической конференции молодежи, ее работа отмечена дипломом 3-й степени.

На основании плана повышения и подготовки персонала проходит обучение, после которого проводится расчет результативности обучения [4, 5]. Если результативность обучения меньше требуемого показателя, то проводится корректировка программы обучения. На рисунке 1 представлен цикл обучения персонала АО.



Рис. 1. Цикл обучения персонала на АО «ИЭМЗ «Купол»

После изучения методики оценки эффективности обучения была проведена проверка эффективности обучения на примере рабочих [5, 6]. После просмотра отчетов по бракованной продукции в одном из цехов за один и тот же период можно сделать вывод, что по сравнению с 2020 г. количество бракованной продукции сократилось в 9 раз, а количество человек, изготавливающих брак, сократилось до 4 человек, при этом все эти работники прошли обучение.

В таблице 1 представлено сравнение количества брака за один и тот же период 2020 и 2021 гг.

Таблица 1. Сравнительное количество брака изделий в 2020–2021 гг.

Сотрудники	Количество брака на 15.03.2020 (шт.)	Убытки, руб.	Количество брака на 15.03.2021 (шт.)	Убытки, руб.
N1	19	59,3	0	0
N2	1	117,48	0	0
N3	1	261	1	44,17
N4	14	206,5	0	0
N5	2	506,98	0	0
N6	7	534,51	2	435,96
N7	1	212	0	0
N8	1	2314,25	1	217,98
N9	1	4610	1	2410,12
Итого	47	8822,02	5	3108,23

Исходя из данных таблицы был построен график изменения количества сокращения брака (рис. 2) до 2 шт.

Рассчитаем экономический эффект от обучения по формуле

$$\text{Э} = \text{Убытки 2020} - (\text{Затраты на обучение} + \text{Убытки 2021});$$

$$\text{Э} = 8822,02 - (4550,0 + 3108,23) = 1163,7 - \text{экономический эффект};$$

$$\text{Э} = \frac{1163,79}{9} = 129,31 \text{ руб} - \text{экономия, которую приносит 1 человек после обучения.}$$

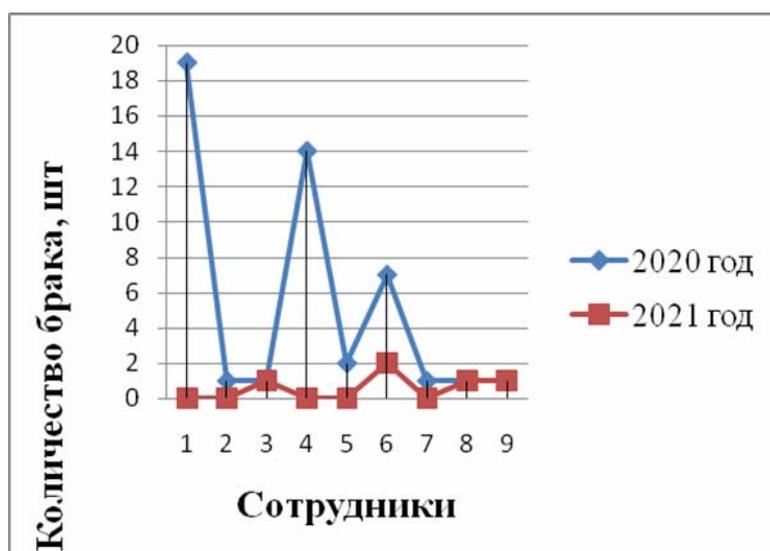


Рис. 2. Изменение количества брака

Но на предприятии, где численность сотрудников превышает 5000 человек, не представляется возможным отслеживать каждого — для этого недостаточно ресурсов. Поэтому на основе изученных методик по оценке эффективности обучения была разработана методика оценки результативности обучения персонала, основанная на весовых коэффициентах.

Методика оценки результативности обучения персонала на АО «ИЭМЗ «Купол»

1. Общие положения.

Настоящая методика разработана для оценки эффективности обучения персонала Общества с использованием метода «управление по целям».

Ежегодно устанавливаются цели для выполнения работы (приоритетные задачи) в соответствии с принципами SMART [6, 7].

Оценка выполнения поставленных целей осуществляется с помощью коэффициентов результативности, которые показывают степень достижения поставленных целей и системы подготовки и повышения квалификации в целом.

2. Оценка результативности.

2.1. Цель — выполнение ежегодного плана подготовки и повышения квалификации персонала АО «ИЭМЗ «Купол» на $\geq 100\%$ ($K_1 \geq 1$).

Коэффициент уровня выполнения ежегодного плана подготовки и повышения квалификации персонала определяется по формуле

$$K1 = \frac{\text{Количество фактически обученных работников}}{\text{Количество планируемых к обучению работников}}.$$

2.2. Цель – достижение удовлетворенности слушателей (учащихся) процессом обучения не менее 75 % ($K2 \geq 0,75$).

Удовлетворенность персонала определяется методом анкетирования слушателей после окончания обучения. Изучение мнения обученных работников, их удовлетворенность содержанием курса обучения, желание и готовность применить полученные знания на практике.

Коэффициент уровня удовлетворенности персонала определяется по формуле

$$K2 = \frac{\text{Количество удовлетворенных обучением работников}}{\text{Количество обученных работников}}.$$

Если $K2 \geq 0,75$, для дальнейших расчетов $K2 = 1,0$.

2.3. Цель – повышение уровня знаний работников после обучения ($K3 \geq 1,1$).

Оценка уровня усвоенных знаний осуществляется методом проведения проверочных тестов до и после обучения, зачетов и экзаменов по окончании обучения, определением среднего балла знаний.

Коэффициент уровня усвоенных знаний определяется по формуле

$$K3 = \frac{\text{Средний балл группы работников после обучения}}{\text{Средний балл группы работников до обучения}}.$$

2.4. Цель – обеспечение соответствия уровня квалификации персонала заявленным требованиям ($K4 \geq 1,0$; $K5 \geq 1,0$).

Оценка уровня соответствия квалификации работников, необходимого для реализации целей и задач, стоящих перед коллективом организации. Для устойчивой и качественной работы производства средний уровень рабочих должен стремиться к среднему разряду выполняемых работ.

Коэффициент уровня соответствия квалификации рабочих определяется по формуле

$$K4 = \frac{\text{Средний разряд работающих}}{\text{Средний разряд работ}}.$$

Для оценки уровня квалификации специалистов используется данные ежегодного плана повышения квалификационных категорий, формируемого управлением труда и заработной платы (005) и плана аттестации на компетентность руководителей и специалистов, формируемого управлением по персоналу (010):

$$K5 = \frac{\text{Фактическое количество специалистов, повысивших (подтвердивших) квалификационные категории}}{\text{Количество специалистов, планируемых для повышения (подтверждения) квалификационных категорий}}$$

3. Оценка уровня эффективности обучения персонала и системы подготовки и повышения квалификации за год определяется как среднее арифметическое значение частных показателей по формуле

$$K_c = \frac{\sum K1 + K2 + \dots + K5}{5}$$

Процесс обучения считается эффективным, если показатель $K_c \geq 1,0$.

Для определения эффективности работы системы подготовки и повышения квалификации персонала АО «ИЭМЗ «Купол» в целом сравнения проводятся в динамике по годам (табл. 2).

Таблица 2. Рассчитанные коэффициенты по годам

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.
K1			
K2			
K3			
K4			
K5			
Kc			

4 Оценка уровня эффективности обучения персонала и системы подготовки и повышения квалификации осуществляется управлением по персоналу (010) один раз в год по результатам работы за предыдущий год.

Отчет о результативности обучения персонала и системы подготовки и повышения квалификации направляется в управление обеспечения качества (070) не позднее 5-го рабочего дня февраля месяца текущего года.

5. По результатам анализа оценки уровня эффективности работы системы подготовки и повышения квалификации управление по персоналу вырабатывает (при необходимости) и реализует корректирующие мероприятия.

По данной методике была проведена оценка результативности обучения персонала (рис. 3), результаты которой показывают, что обучение персонала является эффективным.

Выводы

Таким образом, разработанная на АО «ИЭМЗ «Купол» методика позволяет оценить результативность обучения, при этом нет необходимости в больших затратах. Рассчитан экономический эффект, который наглядно показывает экономии средств АО.

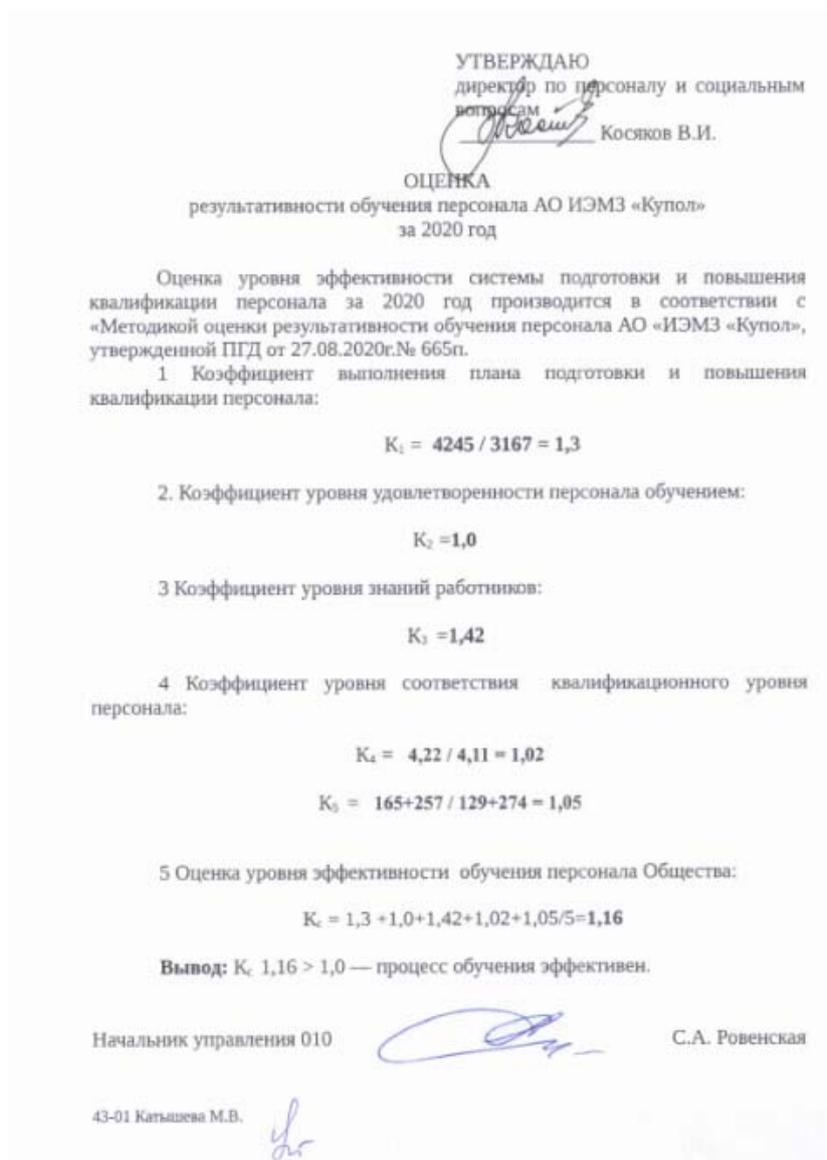


Рис. 3. Оценка результативности обучения персонала на АО «ИЭМЗ «Купол»

Список использованных источников

1. *Александрова, Н. А.* Основы кадровой политики и кадрового планирования : курс лекций / Н. А. Александрова, О. Ю. Брюхова. – Екатеринбург : УрГУПС, 2014. – 181 с.
2. *Васильцова, Л. И.* Экономика управления персоналом : учеб. пособие / Л. И. Васильцова, Н. А. Александрова ; под науч. ред. Л. И. Васильевой. – Екатеринбург : УрГУПС, 2016. – 142 с.
3. *Дейнека, А. В.* Управление персоналом организации. – Москва : Дашков и К, 2014. – 318 с.
4. *Егоршин, А. П.* Основы управления персоналом : учеб. пособие / А. П. Егоршин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 352 с.
5. Развитие потенциала сотрудников. Профессиональные компетенции, лидерство, коммуникации / С. Иванова, Д. Болдогоев, Э. Боранинова [и др.]. – Москва : Альпина Паблишер, 2014 – 284 с.
6. *Кибанов, А. В.* Разработка кадровой политики организации // Кадровик. Кадровое делопроизводство. – 2013. – № 1. – С. 23–25.

Н. В. Пушина, ст. преподаватель, npusina175@gmail.com
М. А. Тверитин, студент, matvei.tweritin@yandex.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Эволюция магазинов автомата Калашникова и перспектива развития

Рассмотрены изменения, которые претерпел магазин автомата Калашникова, а также сделаны некоторые выводы о дальнейших перспективах его развития. Представлены все поколения АК, включая экспериментальные образцы. Выделены факторы, которые мешали тому или иному виду магазина оставаться на «своем месте» продолжительное время.

Ключевые слова: автомат Калашникова, магазин, перспективы развития, поколения АК, от экспериментальных образцов до образцов последнего поколения.

Введение

В настоящее время специалисты выделяют пять поколений автомата Калашникова [1]. Автомат Калашникова претерпел огромные изменения и модификации. С экспериментальной серии АК-46, представленной на конкурс в 1946 г., до АК-12, АК-15 реализовано большое количество нововведений. В частности это модифицированная эргономика.

Практическое использование автомата в военных конфликтах позволило эффективно вести опытно-конструкторские работы по усовершенствованию системы вооружения [2].

В каждом поколении автомата Калашникова изменениям подверглись и магазины, что связано с развитием машиностроения, металлургии и других смежных областей [3, 4].

Анализ конструкций магазинов АК

С помощью доступной литературы [5–7] был проведен анализ изменений магазинов для автомата Калашникова различных поколений. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице.

На рисунке 1 представлен стальной гладкий магазин к АК-47 (индекс ГРАУ 56-А-212), принятый на вооружение в 1946 г. в составе автомата АК-47. Данный магазин является первым представителем магазинов к автомату Калашникова.

Многие особенности этого магазина повторяют магазин к автомату Судаева АС-44, принятого на вооружение в 1944 г. На рисунке 2 представлены магазины к АК и к АС-44, основное отличие которых заключается в размере зуба под защелку магазина.

Немаловажным недостатком стального гладкого магазина к АК было то, что магазин выскальзывал из рук, в связи с чем в 1959 г. в составе автомата АКМ на вооружение принят стальной ребристый магазин (индекс ГРАУ 6Л10). Данный магазин представлен на рисунке 3.

Сравнение магазинов АК различных модификаций

Наименование и характеристики магазина	Достоинства и недостатки
<p>Стальной гладкий магазин к АК-47 (индекс ГРАУ 56-А-212) Разработан в 1946 г. Масса без патронов 400 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства: – прочный. Недостатки: – избыточный вес; – подвержен коррозии; – неэргономичен</p>
<p>Стальной ребристый магазин к АКМ (индекс ГРАУ 6Л10) Разработан в 1959 г. Масса без патронов 320 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм</p>	<p>Достоинства: – прочный; – эргономичный. Недостатки: – избыточный вес; – подвержен коррозии</p>
<p>Алюминиевый ребристый магазин к АКМС, АКМ Материал: дюралюминий марки АМг5 Разработан в 1959 г. Масса без патронов 170 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства: – малая масса; – коррозионно-стойкий. Недостатки: хрупкий; vподвержен деформации</p>
<p>Магазин из термореактивной пластмассы АГ-4С грязно-оранжевого цвета к АКМ Разработан в 1962г. Масса без патронов 240 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства: – химическая и коррозионная стойкость; – термостойкий; – лучшее примыкание. Недостатки: – демаскирующий цвет</p>
<p>Магазины из АГ-4С к РПК (индекс ГРАУ 6Л18) Разработан 1991 г. Масса без патронов 300 г Емкость магазина 45 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	
<p>Магазин из реактивной пластмассы АГ-4В Разработан в 1973 г. Масса без патронов 240 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства: – механическая прочность; – теплостойкость; – электроизоляционность; – водонепоглащаемость; – химическая стойкость</p>

Наименование и характеристики магазина	Достоинства и недостатки
<p>Магазины из полиамида стеклонаполненного стабилизированного марки ПА6С 32С (ТУ 6-11-412-76) АК-74 (индекс ГРАУ 6Л23) Разработан в 1990 г. Масса без патронов 300 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p> <p>РПК-74, РПКС-74, РПК-74М (индекс ГРАУ 6Л26) Емкость магазина 45 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p> <p>АК 101, АК 102 (индекс ГРАУ 6Л29) Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p> <p>АК 74, АКС 74, АКС 74У (индекс ГРАУ 6Л31) Емкость магазина 60 патронов 5,45×39 мм образца 1943 г.</p> <p>РПКМ (индекс ГРАУ 6Л33) Емкость магазина 60 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокая износостойчивость; – выдерживает механические и динамические нагрузки
<p>Полимерный американский магазин «Тарсо» для автомата Калашникова Страна изготовитель: США Разработан в 2013 г. Вес магазина без патронов 190 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выдерживает механические и динамические нагрузки. <p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокая цена; – плохое примыкание; – хрупкий.
<p>Четырехрядный магазин для АК- 74, АК-12 (индекс ГРАУ 6Л31) Разработан в 1999 г. Вес магазина без патронов 300 г Емкость магазина 60 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – утыкание патронов; – долгая перезарядка; – нет характерного щелчка при примыкании.
<p>Магазин для АК под патроны 7,62×39 мм к АК-15, АК-203, АК204 и 5,56x45 НАТО для автоматов АК-201, АК-202 с окнами (вафельный магазин) (индекс ГРАУ 6Л23-01) Разработан и запатентован в 2014 г. Вес магазина без патронов 280 г Емкость магазина 30 патронов</p>	<p>Достоинства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – хорошая эргономика
<p>Прозрачный магазин для АК-12 Разработан и запатентован в 2014 г. Вес магазина без патронов 250 г Емкость магазина 30 патронов 7,62×39 мм образца 1943 г.</p>	<p>Недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – хрупкий



Рис. 1. Стальной гладкий магазин к АК 47



Рис.2. Сравнение магазина АК (справа) и АС-44 (слева)



Рис. 3. Стальной ребристый магазин к АКМ

В 1959 г. был разработан алюминиевый ребристый магазин (рис. 4), принятый на вооружение в составе АКМС (в 1962 г.), АКМ (в 1961 г.). Этот магазин представляет собой так называемый десантный вариант, созданный с целью облегчения нагрузки при десантировании. Также из дюралюминия марки АМг5 были выполнены подаватель, крышка магазина и стопорная планка.



Рис. 4. Алюминиевый ребристый магазин к АКМС, АКМ

В 1962 г. был разработан магазин из термореактивной пластмассы АГ-4С грязно-оранжевого цвета в составе АКМ (рис. 5).



Рис. 5. Магазин из термореактивной пластмассы АГ-4С к АКМ

В 1973 г. был разработан аналог магазина АГ-4С магазин АГ-4В в составе АКМ. Магазины отличались тем, что в АГ-4В использовалось короткое волокно, что сказывалось на структуре неоднородного «рисунка» на поверхности корпуса магазина. Такая окраска магазина АГ-4В получила название «карельская береза». Такие магазины выпускались в зеленом цвете для пограничных войск в составе АКМ.

В 1999 г. был разработан магазин на 60 патронов в составе АК-74, а впоследствии – к АК-12, получивший индекс ГРАУ 6Л31. Длина 60-зарядного магазина не избыточна и позволяет вести огонь с упором на магазин за счет использования четырехрядной конструкции. При опоре на землю магазин не так сильно поднимает силуэт, как магазины для пулеметов (барабанный или коробчатый). Магазин может быть снаряжен как вручную, так и обоймами (рис. 6).

В 2013 г. был разработан полимерный американский магазин «Тарсо» под патрон 7,62×39. Магазин изготовлен из прочного полимера, поверхность текстурирована. От российского аналога отличается наличием более выносливых пружин, не теряющих своих свойств продолжительное время, находясь в снаряженном состоянии (рис. 7).



Рис. 6. Магазин на 60 патронов для АК 74, АК 12



Рис.7. Полимерный американский магазин «Тарсо»

В 2014 г. был разработан и запатентован «вафельный» магазин под патрон 7,62×39 мм в составе АК-15, АК-203, АК-204 и под патрон 5,56×45 НАТО в составе АК-201, АК-202 (индекс ГРАУ 6Л23-01). Этот магазин позволял определять количество патронов в текущий момент времени. Корпус магазина выполнен из ударопрочного полимера. Магазин имеет скос, позволяющий производить стрельбу с упором в него (рис. 8). В 2018 г. появилась новая модификация магазина, предполагающая светонакопительный элемент, который позволяет определять количество патронов в текущий момент времени в темноте. Подаватель также был выполнен в ярком цвете.



Рис. 8. Магазин для АК с окнами (вафельный магазин)

В 2014 г. был разработан и запатентован прозрачный магазин в составе АК-12 (рис. 9).



Рис. 9. Прозрачный магазин для АК-12

Данный магазин сделан специально для того, чтобы можно было точно определить количество оставшихся в нем патронов. За счет этого магазин является первой версией, удовлетворяющей фактическим требованиям МО РФ по контролю наличия патронов в магазине.

Выводы

Представленный краткий анализ эволюции магазинов для автоматов Калашникова различных поколений позволяет сделать вывод, что основные изменения в их конструкции обусловлены стремлением к уменьшению массы, повышением технологичности (снижением стоимости), а также повышением их эргономических и эксплуатационных свойств. Все указанные направления сохраняют свою актуальность и на сегодняшний день.

Магазины, принятые на вооружение в комплекте с автоматами Калашникова, являются магазинами многоразового использования. Это, в свою очередь, накладывает на их конструкцию ряд требований, приводящих к повышению их стоимости и массы. Несколько иной подход принят в армиях стран НАТО. Так, магазины к модификациям винтовок M-16 рассчитываются на однократное использование, что обуславливает их малую стоимость, но одновременное уменьшение эксплуатационных свойств. Обе концепции к применению магазинов стрелкового оружия имеют свои достоинства и недостатки.

Не исключено, что в будущем развитие технологий и новых композиционных материалов позволит создать легкие магазины с высокими эксплуатационными свойствами.

Кроме того, нельзя исключать направления, связанного с превращением магазина в высокоинтеллектуальное устройство, позволяющее не только оповещать владельца о количестве оставшихся патронов, но и, например, при использовании в комплекте с конкретным образцом осуществлять отслеживание текущего настрела, накапливание информации об интенсивности и режимах стрельбы.

Список использованных источников

1. Ижевское стрелковое оружие – Российской армии / Ю. А. Ширококов, В. В. Фарафошин, М. Е. Драгунов, Г. Н. Никонов, Е. В. Шевякова ; под общ. ред. В. П. Грахова, Ю. Б. Брызгалова, Л. А. Галаган, Е. В. Шевяковой. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – 92 с. : ил.
2. *Галаган, Л. А.* Автоматы Калашникова. Функционально-морфологический анализ : монография / Л. А. Галаган, Д. В. Чирков, Р. Ю. Сахратов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – 160 с. + 13 с. вкл. – (Гордость моя Удмуртия).
3. *Михайлов, Л. Е.* Конструкции стрелкового автоматического оружия. – Москва : ЦНИИ информации, 1983. – 180 с.
4. Конструкции оружия и систем вооружения : учебник / В. А. Власов, Ю. Б. Володин, М. В. Грязев, Е. Н. Патрикова, А. И. Пустовой. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2014. – 458 с.
5. *Бабак, Ф. К.* Основы стрелкового оружия. – Санкт-Петербург : Полигон, 2003. – 253 с. : ил.
6. *Малимон, А. А.* Отечественные автоматы (записки испытателя-оружейника). – Москва : МО РФ, 1999. – 388 с.
7. *Монетчиков, С. Б.* История русского автомата. – Санкт-Петербург : Атлант, 2005. – 248 с. : ил.

М. А. Тверитин, студент, matvei.tweritin@yandex.ru
Н. В. Пушина, ст. преподаватель, npushina175@gmail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Анализ конструкций магазинов большой емкости для индивидуального оружия

Приведен анализ конструкций магазинов большой емкости. Рассмотрены все наиболее распространенные виды магазинов повышенной емкости, перечислены их преимущества и недостатки. Благодаря поиску необходимой информации определены тенденции конструктивного развития магазинов повышенной емкости. Представлены результаты эскизного проектирования магазинов большой емкости для оружия под патрон .308Win.

Ключевые слова: магазин, большая (повышенная) емкость, стрелковое оружие, проектирование, автоматическое оружие, магазинная подача.

Введение

В устройстве стрелкового оружия важным конструктивным узлом является механизм подачи патронов в патронник. Можно выделить три способа подачи патронов: магазинная, ленточная и комбинированная [1].

Известно, что магазинная подача патронов применяется в индивидуальном стрелковом оружии – пистолетах, ручных пулеметах, пистолетах-пулеметах, винтовках и автоматах. Также магазинную подачу можно встретить в крупнокалиберных пулеметах, пулеметах специального назначения и противотанковых ружьях [2]. Главным преимуществом магазинной подачи является то, что магазин, составляющий во время стрельбы одно целое с оружием и имеющий небольшие габариты и массу, обеспечивает высокие маневренные свойства оружия. Наличие у стрелка нескольких сменных магазинов или обойм с патронами позволяет вести длительные боевые действия.

Анализ существующих конструкций магазинов большой емкости для образцов стрелкового оружия

На рисунке 1 представлен вариант классификации магазинной подачи, применяемой в конструкции стрелкового оружия. На сегодняшний день наибольшее распространение получили серединные сменяемые магазины с автономным источником энергии, представляющим собой пружины различного вида.

По устройству и форме применяются коробчатые, секторные, барабанные цилиндрические, барабанные седлообразные, дисковые, а также шнековые и спаренные коробчатые магазины.

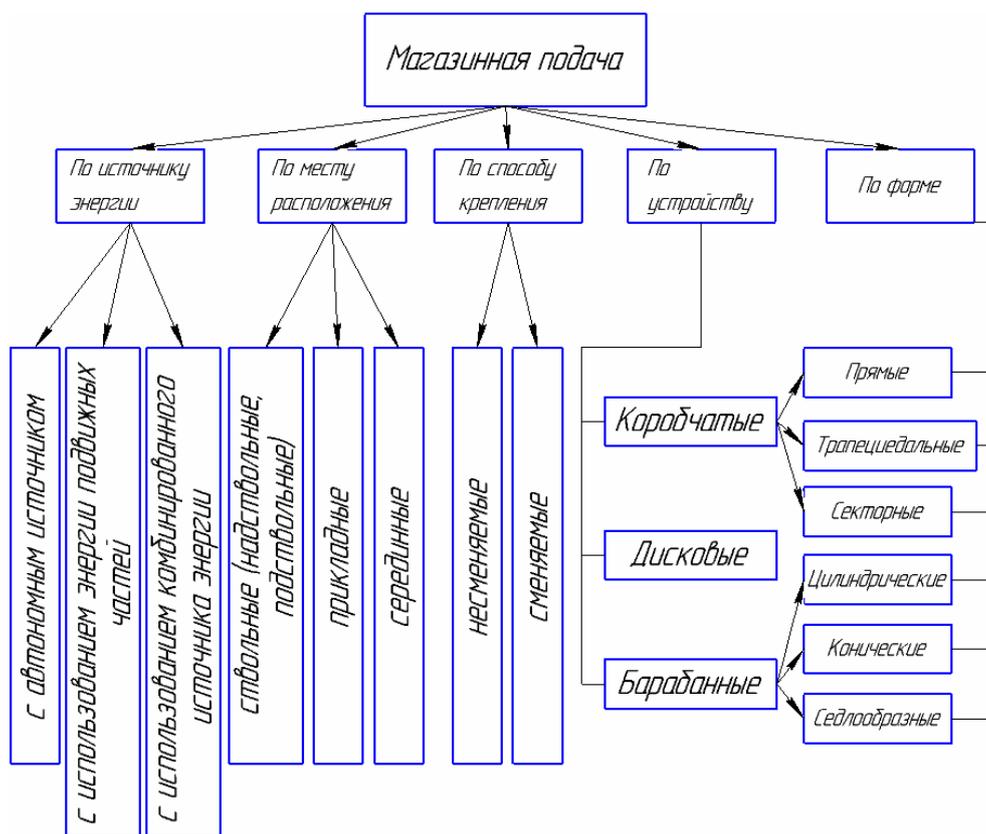


Рис. 1. Классификация магазинов к индивидуальному автоматическому оружию

В таблице 1 представлены характеристики магазинов повышенной емкости для различных видов автоматического стрелкового оружия [1–6].

В соответствии с представленными данными таблицы 1 в таблице 2 приведено распределение магазинов повышенной емкости по конкретным видам автоматического и самозарядного стрелкового оружия.

Более подробно проведем анализ магазинов большой емкости, применяемые в оружии под промежуточные и винтовочные патроны.

Четырехрядные коробчатые магазины

В этих магазинах произведено объединение двух отсеков в один общий выход, так что патроны сразу подаются в орудие сходу из обоих отсеков, благодаря чему, стрелок не отвлекается до смены всего магазина. В верхней части магазин имеет трапециевидную форму, где осуществляется перестроением из четырех рядов патронов в два, а затем в один. Основным недостатком магазинов является их высокая стоимость и снижение надежности из-за существенного трения при непростом перестроении патронов из 4 рядов в один. Также существенным недостатком является практическая невозможность полностью набить магазин патронами вручную из-за жесткой пружины.

На рисунке 2 представлены примеры четырехрядных магазинов для пистолета-пулемета Суоми (рис. 2, а) и магазин 6Л31 (рис. 2, б) к автоматам и ручным пулеметам Калашникова под 5,45-мм патрон.

Таблица 1. Сравнительные характеристики магазинов повышенной емкости для различных образцов стрелкового оружия

Тип магазина	Образцы оружия	Год разработки	Емкость магазина, патронов	Наименование патрона	Масса магазина без патронов, кг
Четырехрядные коробчатые магазины	Пистолет-пулемет Суоми	1931	40	9×19 мм Parabellum	1,06
		1936	70		
	Ручной пулемет 2Б-П-40	1955	75	7,62×39 образца 1943 г.	≈ 1,0
	АК-74, РПК-74, АК-12 индекс ГРАУ 6Л31	1991	60	5,45×39	0,3
	Пистолеты-пулеметы Suomi M31, SPECTRE .	1931	50	9×19 мм Parabellum	≈ 0,5
1983					
Штурмовая винтовка M16		2010	60	5,56×45	0,181
			100		0,272
Тандемные магазины	Пистолет-пулемет Vesely	1942-43	60	9×19 мм Parabellum	≈ 0,8
Барабанные магазины	Пистолет-пулемет Томпсона	1921–1942	50–100	.45 ACP	от 1,14 до 2,4
	Пистолет-пулемет Суоми	1931	50–71	9×19 мм Parabellum	1,07
	Пистолет-пулемет Дегтярева	1935	75	7,62×25	≈0,9
	Пистолет-пулемет Шпагина	1942	71	7,62×25	≈0,9
	Ручной пулемет Калашникова	1961	75	7,62×39	0,9
	Пулемет «Ультимакс»	1982	60–100	5,56×45	0,7
	Пулеметный барабан PMAG D-60 для штурмовых винтовок	2016	60	5,56×45	0,57

Окончание табл. 1

Тип магазина	Образцы оружия	Год разработки	Емкость магазина, патронов	Наименование патрона	Масса магазина без патронов, кг
Седлообразные магазины (спаренные барабанные)	Пехотный пулемет MG-34	1934	75	7,92×57 мм Mauser	2,3
	Магазины Beta-C для Glock, Luger, Parabellum	1987	100	9×19, 5,56×45, 7,62×51	1,0
Дисковые магазины	Пулемет Дегтярева	1929	47	7,62 мм образца 1943 г.	1,6
	Ручной пулемет Bren Mk. 1	1936	100	.303 «бритиш»	2,9
	Пистолет-пулемет American-180	1970	165, 177, 220, 275	.22LR	≈0,9
Шнековые магазины	Винтовка Evans	1871	34	.44 Evans.	≈2,0
	Пистолеты-пулеметы и самозарядные карабины Calico M-950	1985	50–100	9×19	3,0
	Пистолет-пулемет «Бизон»	1993	53–64	9×18, 9×19 (9×17)	2,8
	Автомат Type 98-2	2017	100	5,45×39	3,0

Таблица 2. Применение магазинов большой емкости в различных видах самозарядного и автоматического оружия

Вид стрелкового оружия	Наименование магазина
Пистолеты – пулеметы	Спаренные коробчатые магазины Четырехрядные коробчатые магазины Тандемные магазины Барабанные магазины Шнековые магазины Дисковые магазины
Автоматы	Спаренные коробчатые магазины Четырехрядные коробчатые магазины
Ручные пулеметы	Четырехрядные коробчатые магазины Барабанные магазины Спаренные барабанные магазины Дисковые магазины
Самозарядные пистолеты	Барабанные магазины
Самозарядные дробовики	Барабанные магазины
Самозарядные карабины	Шнековые магазины
Пехотные пулеметы	Спаренные барабанные магазины
Винтовки	Барабанные магазины Шнековые магазины

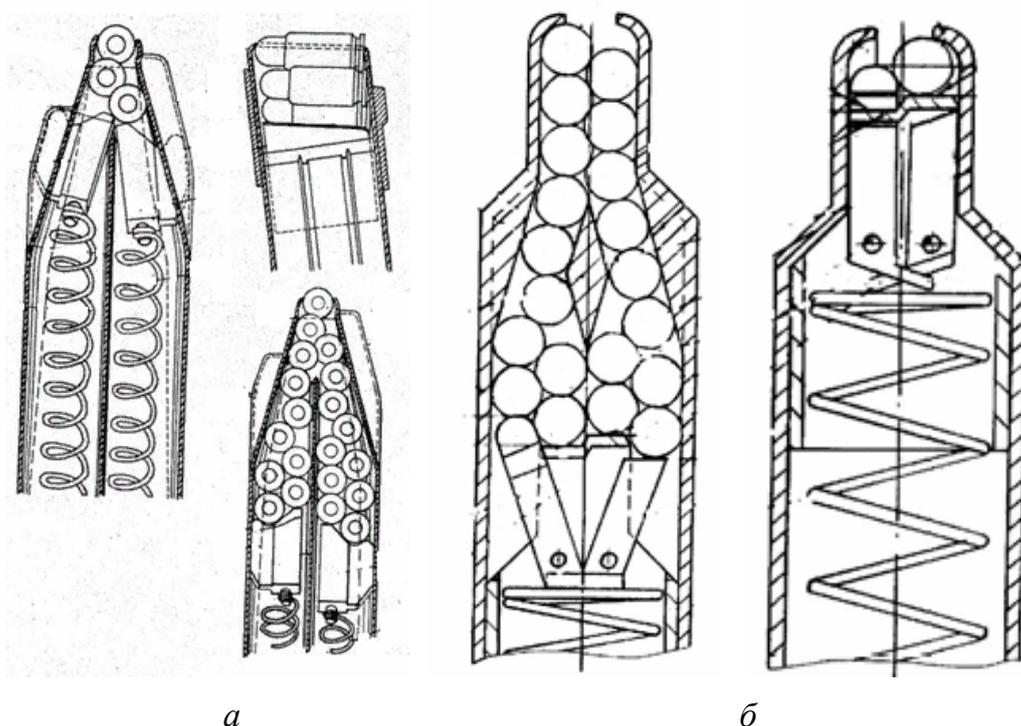


Рис. 2. Четырехрядные коробчатые магазины:

а – 4-рядный магазин для пистолета-пулемета Суоми; *б* – Магазин 6Л31

Изделие 6Л31 представляет собой штатный магазин к автоматам Калашникова, увеличенный в размерах, оснащенный новыми системами подачи патронов. За счет увеличения длины и ширины в него постилось вдвое больше

боеприпасов, чем в стандартном, а именно 60 патронов. В конструкции нового магазина была использована уникальная система подачи патронов. Пружинная система подачи получила два досылателя, закрепленных шарнирно. Также внутри магазина были созданы несколько фигурных выступов, управляющие движением деталей и патронов.

Корпус магазина 6Л31 производится из качественного морозостойкого полимера, устойчивого к ударам и другим факторам окружающей среды. Снаряжать магазин можно как вручную, так и обоймами.

Недостатком конструкции магазина 6Л31 является то, что при вертикально направленном ударе по неполному магазину происходил вертикальный разворот патронов, т. е. перехлест ручьев подачи, приводивший к прекращению нормальной работы механизмов (явление перемешивания патронов в магазине).

Барабанные магазины

Патроны в барабанных магазинах расположены по спирали. Размещение патронов происходит параллельно оси барабана (или под небольшим углом) в один или несколько рядов; также патроны могут располагаться группами в отсеках вращающегося звездообразного подавателя.

Барабанные магазины представляют собой цилиндрическую или коническую коробку с расположением патронов в один или несколько рядов.

Барабанный магазин был разработан под промежуточные патроны 7,62×39 (РПК).

На рисунке 3 представлены примеры магазина для РПК (рис. 3, а), для пистолета-пулемета Томпсона (рис. 3, б) и пистолета-пулемета Шпагина (рис. 3, в).

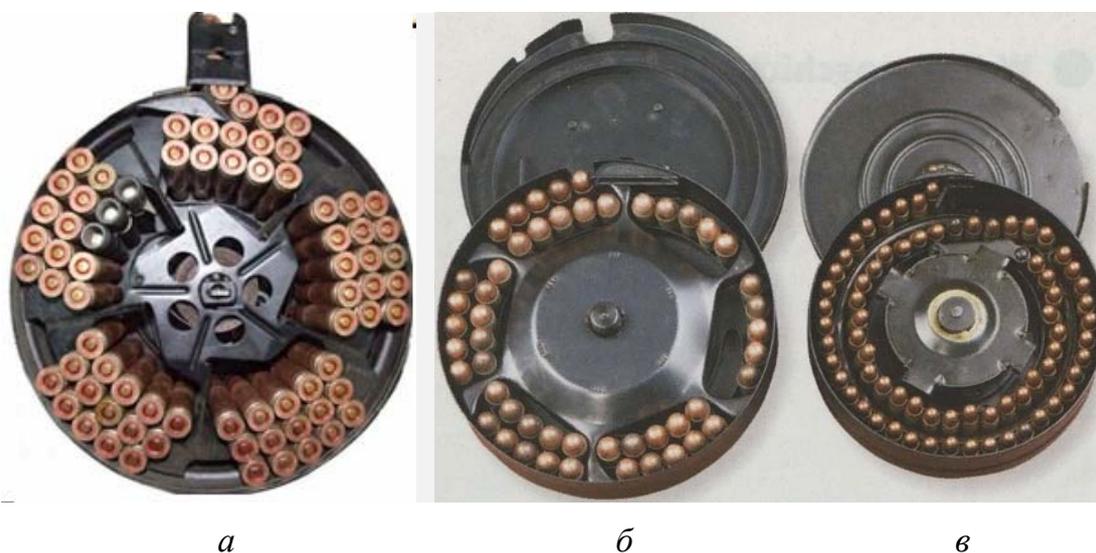


Рис. 3. Барабанные магазины: а – магазин к РПК;

б – магазин к пистолету-пулемету Томпсона; в – магазин к пистолету-пулемету ППШ-41

Седлообразные магазины (спаренные барабанные)

В этих магазинах два барабана объединены общей выходной горловиной, при этом патроны в горловину попадают по очереди из каждого барабана.

Первые серийные образцы появились в Германии в 1930-х гг. Они использовались вместе с пехотными пулеметами MG-13 и MG-34 и авиационным

пулеметом MG-15. Схема работы магазина германского пулемета MG-15 представлена на рисунке 4.

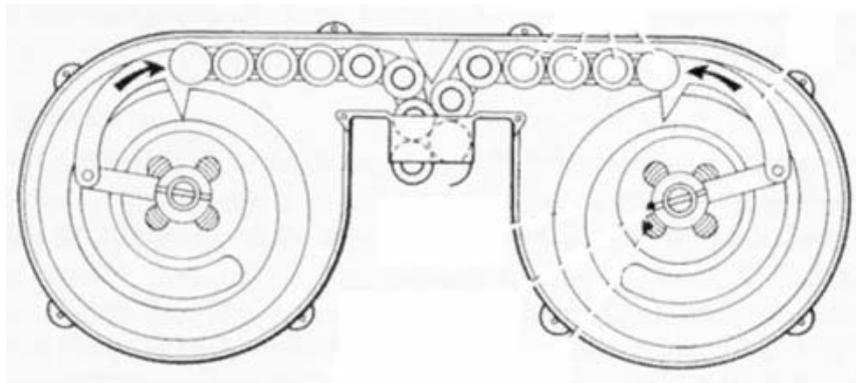


Рис. 4. Схема устройства спаренного барабанного магазина для MG-15

На рисунке 5 представлен магазин для семейства оружия ВЕТА С-Mag под патрон 5,56×45 емкостью 100 патронов. Преимуществом данного типа магазина является малый вертикальный габарит, что позволяет использовать его в конструкции единых и ручных пулеметов.



Рис. 5. Современный спаренный барабанный магазин ВЕТА С-Mag, выпускаемый в США и вмещающий 100 патронов 5,56×45 мм

Дисковые магазины

В дисковых магазинах патроны размещаются радиально в один либо несколько слоев. Из-за такого способа компоновки дисковые магазины имеют внушительный диаметр и неудобны для переноски на оружии.

Индивидуальной особенностью дисковых магазинов является удобство для использования под патроны с большой конусностью гильзы и выступающей закраиной, поэтому они имели определенный успех на ранних этапах создания ручных пулеметов. Обычно однослойный дисковый магазин под винтовочный патрон вмещает порядка 50 патронов. Многослойные магазины в зависимости от конструкции и числа слоев могли вмещать от 63 до 150 патронов.

На рисунке 6 в качестве примера представлен дисковый магазин для пулемета BrenMk.I с емкостью 100 патронов 5,6 мм (.22LR).



Рис. 6. 100-зарядные диски для ручного пулемета BrenMk.I под патрон 5,6 мм (.22LR)

Шнековые магазины

Шнековый магазин может считаться вариантом барабанного магазина, отличающимся тем, что патроны в его корпусе расположены не по расходящейся плоской спирали, а вдоль шнека. Такие магазины значительно удобнее в эксплуатации, чем барабанные. Шнековые магазины получили распространение в пистолетах-пулеметах, обеспечивая емкость от 50 до 100 патронов.

Шнековые магазины в силу своей формы и габаритов удобнее в переноске в подсумках и на оружии, нежели классические барабанные магазины. Применение современных пластмасс отчасти помогает решить проблему избыточной массы. Однако эти магазины по-прежнему остаются довольно сложными по устройству и имеют значительную стоимость.

На рисунке 7 представлен шнековый магазин для карабина CALICO под патрон (.22LR) емкостью 50 патронов.

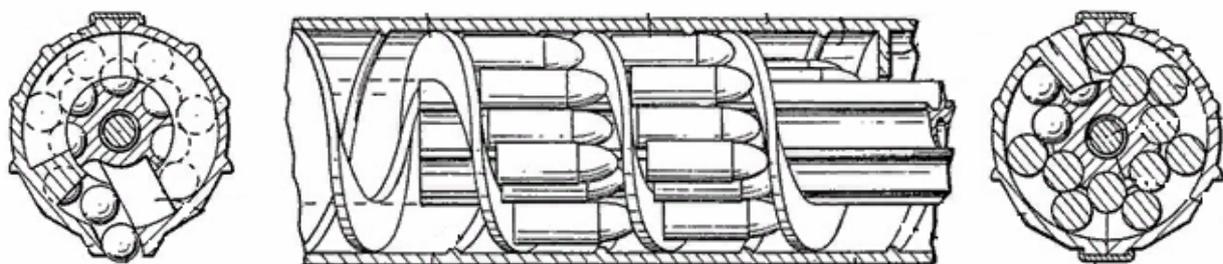


Рис. 7. Схема шнекового 50-зарядного магазина карабина CALICO под патрон (.22LR)

Недостатки шнековых магазинов:

- сложная система крепления, которая в стрессовой ситуации затрудняет присоединение магазина к оружию;
- во время стрельбы патроны перемещаются по шнековому магазину не снизу вверх (как это происходит в коробчатых магазинах), а по направлению от дульного среза к патроннику, что существенно изменяет баланс оружия при его использовании;
- снаряжение для ношения шнековых магазинов очень громоздкое.

Спаренные коробчатые магазины представляют собой объединение несколько коробчатых магазинов в один блок. Данные магазины добивались наличия в оружии специального приемника, с помощью которого происходил процесс переключения с 1-го отсека на 2-й.

Во время Второй мировой войны немецкие конструкторы использовали скользящий в поперечной плоскости пистолета-пулемета приемник на два стандартных 32-зарядных магазина. Данное решение даже было внедрено в производство: пистолет-пулемет MP.40/I компании «Эрма» был выпущен небольшой серией.

На рисунке 8 представлены примеры магазина для американского пистолета-пулемета Hyde M35 (а) и пистолета-пулемета MP.40/I (б).



а



б

Рис. 8. Спаренные коробчатые магазины:
а – пистолет-пулемет Hyde M35; б – Пистолет-пулемет MP.40/I

На рисунке 9 представлен 90-патронный магазин компании MWG Co к автомату SIG 550 под патрон 5,56×45. Конструкция магазина представляет собой длинный коробчатый магазин, свернутый «улиткой».



Рис. 9. 90-патронный магазин компании MWG Co под патрон 5,56×45

Эскизная проработка конструкций магазинов большой емкости под патрон .308Win

С учетом развития средств индивидуальной бронезащиты в индивидуальном автоматическом оружии наметилась тенденция к увеличению мощности применяемых патронов. В настоящее время в РФ известны работы, связанные с разработкой перспективного 7,62-мм патрона с увеличенной бронепробиваемостью. В связи с этим можно считать, что разработки новых образцов индивидуального автоматического оружия под мощные винтовочные патроны типа .308 Win являются оправданными. Наиболее перспективным в этом направлении является разработка ручного пулемета под данный патрон. В связи с этим актуальной является и разработка магазина большой емкости под патрон .308 Win.

На основе анализа магазинов повышенной емкости, приведенного выше, наиболее удачными конструкциями под промежуточные и винтовочные патроны являются 4-рядный коробчатый и дисковый магазины. Основными ограничениями при разработке магазинов являются габаритные и связаны они с вопросами удобства управления и удержания оружия при стрельбе. Так, для ручного пулемета магазин по вертикали не должен быть выше расстояния от сошек до земли (≈ 290 мм), а ширина не должна превышать 200 мм (при нижнем расположении магазина на оружии).

Для 4-рядного магазина решение проблемы, связанной с перемешиванием патронов при падении, можно достичь при введении в конструкцию срединной перегородки, разделяющей магазин на два ручья патронов.

Для дискового магазина примем в качестве базовой конструкцию опытного магазина к ручному пулемету ДП [4].

Результаты эскизной проработки позволили определить максимальное число патронов для рассматриваемых видов магазина с учетом принятых ограничений. Так, для дискового магазина максимальное число патронов составило 120 шт. (основное ограничение по диаметру), а для 4-рядного – 64. Эскизы магазинов представлены на рисунке 11.

Из представленных данных следует вывод, что с учетом принятых ограничений данные магазины удовлетворяют принятым требованиям. Дисковый магазин может вместить больший объем боеприпасов без проблем с габаритами, однако четырехрядный коробчатый магазин дешевле, проще в эксплуатации и конструктивно легче реализуем. Поэтому конечный выбор конструкции магазина зависит от требуемой емкости, которая, в свою очередь, должна обуславливаться требованиями боевого применения ручных пулеметов под мощные винтовочные патроны. Отметим, что ранее такой класс оружия в нашей стране уже существовал и имел название «ротный» или «пехотный» пулемет.

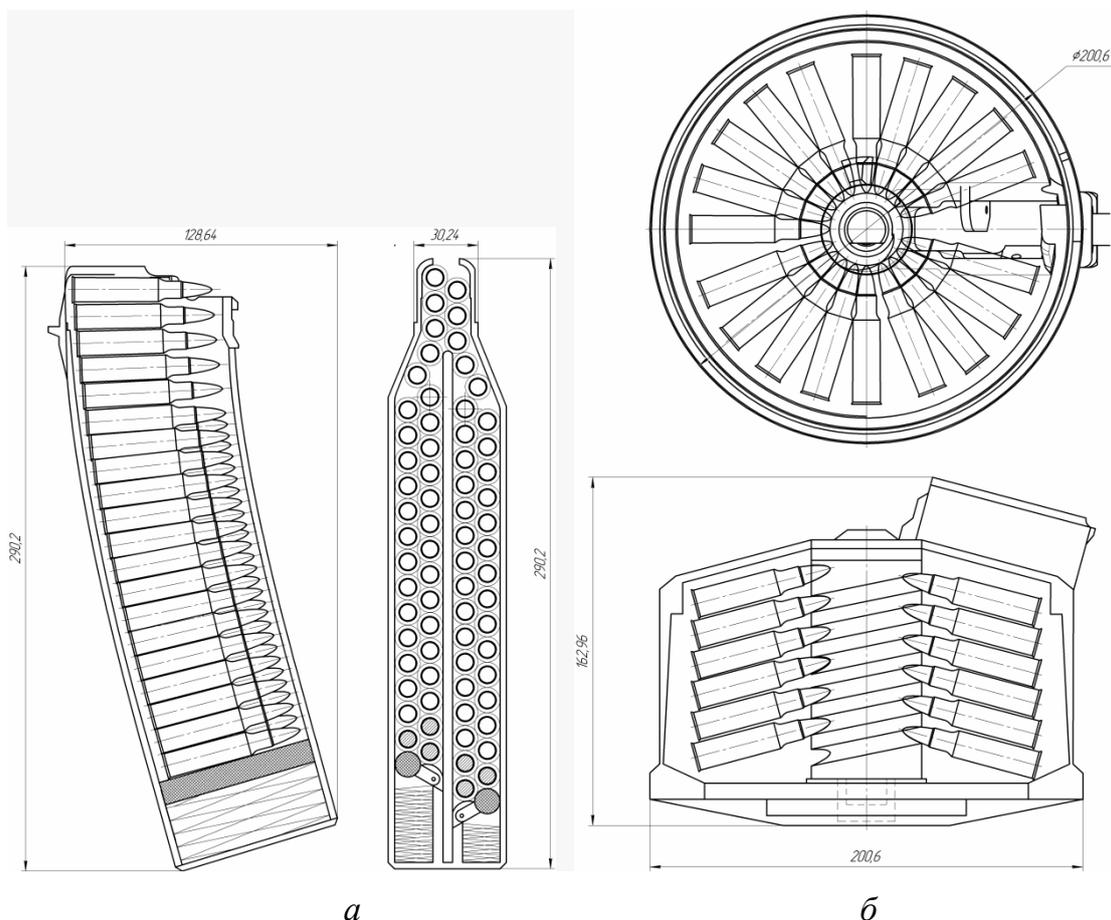


Рис. 10. Коробчатый 64-зарядный магазин .308 Win (а);
 дисковый 120-зарядный магазин .308 Win (б)

Список использованных источников

1. *Благонравов, А. А.* Материальная часть стрелкового оружия. – Оборонгиз НКАП, 1945. – 589 с.
2. *Михайлов, Л. Е.* Конструкции стрелкового автоматического оружия. – Москва : ЦНИИ информации, 1983. – 180 с.
3. *Бабак, Ф. К.* Основы стрелкового оружия. – Санкт-Петербург : Полигон, 2003. – 253, [3] с. : ил.
4. *Лидшун, Р.* Стрелковое оружие вчера / Р. Лидшун, Г. Воллерт ; пер. с нем. В. М. Жабцев. – Минск : Попурри, 2003. – 608 с. : ил.
5. Огнестрельное оружие / [отв. ред. С. Кузнецов]. – Москва : Мир энциклопедий Аванта + : Астрель, 2009. – 215 с. : ил., портр., цв. ил.
6. *Маркевич, В. Е.* Стрелковое оружие мира / под общ. ред. Н. Л. Волковского. – Санкт-Петербург : Полигон ; Москва : Академия, 2007. – 736 с.

М. М. Хоменко, магистрант, margo_homenko@mail.ru
С. А. Шильяев, доктор технических наук, shiljaev@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Обоснование технологии выбора металлообрабатывающего оборудования на основе правил нечетких множеств

Рассмотрена проблема выбора оборудования для механической обработки деталей при разных габаритных размерах. Проведен анализ технологии выбора металлообрабатывающего оборудования. На основе анализа предложена технология по принципу теорий нечетких множеств.

Ключевые слова: теория нечетких множеств, область рассуждений, система нечеткого вывода, фаззификация, дефаззификация.

Введение

Одной из проблем, возникающей на этапе проектирования технологических процессов обработки деталей, считается большой ассортимент технологического оснащения, в частности металлообрабатывающих станков.

До настоящего времени учитывалась только жесткость станка, сейчас же в мире высоких точностей необходимо учитывать каждый параметр – все характеристики обрабатываемой заготовки, инструментального обеспечения и технологического оборудования в комплексе, например, жесткость, точность, мощность, параметры виброустойчивости и габаритные размеры станка, марка инструментального материала и др. Таким образом, выбор оптимального металлообрабатывающего оборудования представляет собой достаточно трудоемкий процесс [1].

Прежде чем сделать выбор конкретной модели металлообрабатывающего станка для обработки определенного типа (номенклатуры) изделия, технологу необходимо произвести сверку достаточного количества документации, содержащей информацию о технических характеристиках оборудования, а также сведения, содержащие информацию о размерах детали, ее точностных параметрах, требований по шероховатости поверхности и др. С целью минимизации длительности данного процесса при соблюдении всех указанных выше требований обратимся к интеллектуальным системам разработки технологических процессов.

Целью настоящего исследования является решение задачи по оптимизации выбора металлообрабатывающего оборудования по нескольким критериям (жесткость, точность, мощность, параметры виброустойчивости и габаритные размеры станка, марка инструментального материала и т. д.) для определенного изделия при помощи интеллектуальной системы разработки технологических процессов, точнее, правил нечеткой логики.

Задачи исследования

1. Анализ методики выбора оборудования.
2. Построение алгоритма выбора оборудования.
3. Возможности практического использования, построенного алгоритма для выбора металлообрабатывающего оборудования.

Решение поставленных задач

Существует методика, позволяющая оптимизировать процесс выбора металлообрабатывающего оборудования перед началом обработки определенной детали, называемая «Определение металлообрабатывающего оборудования на основе правил нечетких множеств». Выбор оборудования происходит повсеместно в программах проектирования технологических процессов, например, таких как Fusion 360, Vectric / Aspire, Mastercam, SprutCAM, HSMWorks, Mecsoft (Rhino CAM, Visual Mill, Alibre CAM), Solidworks. Системы могут настраиваться на любые типы устройств ЧПУ, а также служат для создания управляющих программ для различного рода станков с вариацией их кинематических схем.

В данном случае рассмотрим возможности программного обеспечения Sprut CAM. Данное программное обеспечение применяется при проектировании технологических процессов механической обработки. Для учета каких-либо особенностей станка перемещения инструмента в модификации не нуждаются. Sprut CAM учитывает КС станка на этапе формирования технологического процесса обработки детали.

Sprut CAM содержит практически все типы металлорежущего оборудования. Но она не может производить выбор станка в автоматизированном режиме, так как не учитывает технических характеристик и параметров обрабатываемых изделий. При выборе станка с учетом технических характеристик изделий технолог оперирует опытом и знаниями [2].

Оптимального выбора оборудования можно добиться, используя принципы теории нечетких множеств. Разработка новой методики по улучшению процесса выбора оборудования позволит значительно сократить время поиска оптимального варианта и приведет к уменьшению времени технологической подготовки производства.

На рисунке 1 представлена модель последовательности выбора металлорежущего оборудования, реализуемая в реальных производственных условиях. [3].

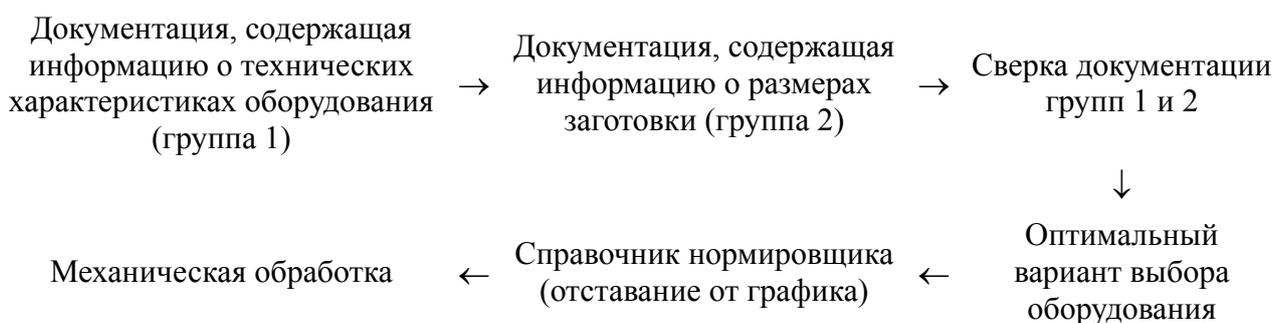


Рис. 1. Модель последовательности выбора оборудования

Применение правил нечеткой логики [4] для решения задачи выбора металлообрабатывающего станка позволяет интерпретировать полученный результат для дальнейшего решения поставленных задач.

Система нечеткого вывода – это процесс получения нечетких заключений о требуемом управлении объектом на основе нечетких условий или предпосылок, представляющих собой информацию о текущем состоянии объекта [4]. Существует понятие «нечеткий вывод», который служит концептуальным базисом всей нечеткой логики. В свою очередь, при помощи такого понятия, как «фаззификация» приходит в работу вся система нечеткого вывода. *Фаззификация* – введение нечеткости или конвертация реальных значений переменных в нечеткие. С ее помощью становится возможным контролировать информацию текущего состояния металлообрабатывающего оборудования и вместе с тем устанавливать соответствие между отдельными параметрами, в данном случае между габаритными размерами металлорежущего оборудования и размерами обрабатываемой заготовки. *Дефаззификация* в простом ее понимании – это нахождение характеристик обычного (ненечеткого) значения в теории вероятности с максимальной степенью принадлежности. В системах нечеткого вывода используется как действие перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению.

Чтобы оптимальное технологическое решение задачи принималось автоматически, проанализируем возможности программной среды Matlab с использованием пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox (рис. 2, 3). Данный пакет содержит необходимые инструменты для реализации поставленной задачи [5].

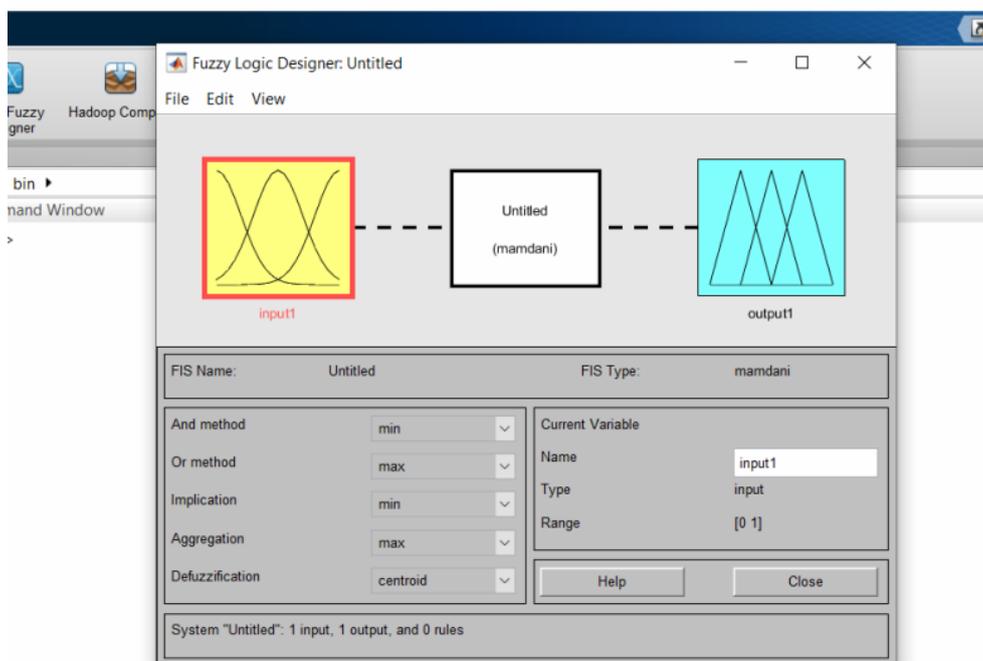


Рис. 2. Интерфейс пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox при вводе данных

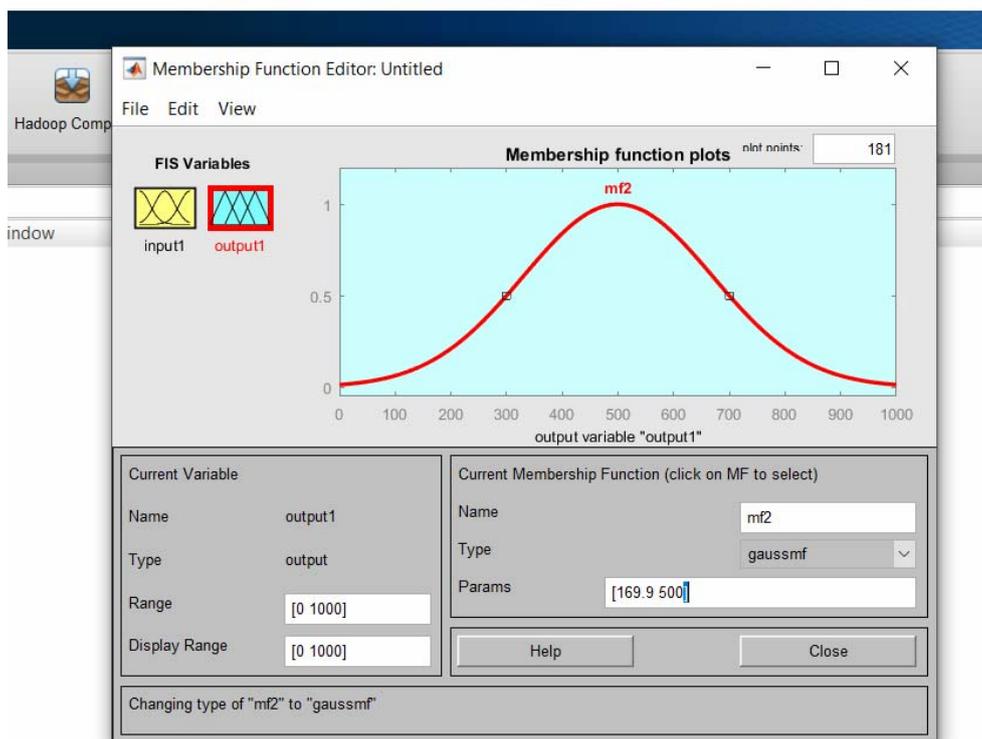


Рис. 3. Интерфейс пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox при результате выходной переменной

Практическое применение данной программы дает возможность работать во всем спектре (жесткость, точность, мощность, параметры виброустойчивости и габаритные размеры станка, марка инструментального материала и т. д.). В данном случае представлен и проанализирован алгоритм выбора оборудования на примере габаритных размеров металлорежущего оборудования и размеров обрабатываемой заготовки.

На первом этапе разбиваем габаритные размеры обрабатываемых деталей на производстве на разделы. Далее создаем лингвистические переменные, которые будут относиться к детали следующим образом: «большая заготовка», «средняя заготовка» и «маленькая заготовка». По аналогии раскладываются параметры оборудования на диапазоны размеров рабочей зоны: «большой станок», «средний станок» и «маленький станок» (таблица).

Выбор оборудования

Габаритные размеры рабочей зоны / детали	0–1000 мм	1000–1800 мм	1800–3200 мм
0–400 мм	+	+	+
400–600 мм	–	+	+
600–3000 мм	–	–	+

Для установления границ проводим операцию ввода нечетких множеств, задавая интервал $[0; 400]$, что обеспечивает переход от функции принадлежно-

сти выходной лингвистической переменной к ее четному (числовому) значению и определению степени принадлежности переменной, приближаясь к понятию «дефаззификация».

В результате дефаззификации получаем количественные значения для каждой выходной переменной, производя анализ соответствия между рабочей областью металлорежущего станка и габаритными размерами заготовки.

График функций принадлежности показывает зависимость габаритных размеров заготовки от размеров станка (рис. 4) [5]. Системой нечеткого вывода на графике выдала разброс чисел в интервале $[0; 400]$, а процесс дефаззификации обозначил для выходной переменной количественное значение «300». Это означает, что размер заготовки на данный интервал рабочей зоны металлообрабатывающего оборудования будет равен выданному значению.

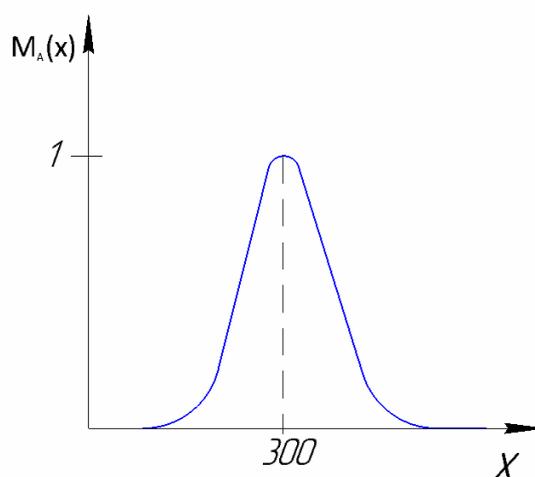


Рис. 4. Функция принадлежности нечеткого множества действительных чисел, близких к числу 300

Вывод

Таким образом, анализ построенного алгоритма на основе процессов фаззификации и дефаззификации позволяет решать задачи по оптимизация выбора металлообрабатывающего оборудования по нескольким критериям для определенного изделия при помощи интеллектуальной системы разработки технологических процессов – правил нечеткой логики, что в итоге позволит значительно сократить время поиска оптимального варианта и приведет к уменьшению времени технологической подготовки производства.

Список использованных источников

1. Егорова, Е. И. Методика декомпозиции детали на элементарные уровни / Е. И. Егорова, А. И. Ахмадиев // Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 17–20.
2. Описание CAD/CAM-системы. Sprut CAM. Планета САМ. Сетевое издание // ЭЛ № ФС 77 – 63083. – URL:<http://planetacam.ru/choice/sprutcam/>(дата обращения 08.04.2021).

3. *Симонова, Л. А.* Модуль формирования маршрутов обработки поверхностей на основе нечеткой логики / Л. А. Симонова, Е. И. Егорова, А.И. Ахмадиев // Научно-технический вестник Поволжья . – 2019. – № 11.

4. *Хижняков, Ю. Н.* Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени : учеб. пособие. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013. – 160 с.

5. *Ахмадиев, А. И.* Задача выбора металлообрабатывающего станка в зависимости от габаритных размеров заготовки на основе правил нечетких множеств / А. И. Ахмадиев, М. М. Хоменко // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях : сборник материалов IX Всероссийской студенческой научно-практической конференции (Альметьевск). – Москва : Конверт, 2019. – С. 134–136.

6. *Егорова, Е. И.* Задача выбора металлообрабатывающего оборудования в зависимости от обрабатываемого материала с применением правил нечеткой логики / Е. И. Егорова, Д. А. Мусина // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях : сборник материалов IX Всероссийской студенческой научно-практической конференции (Альметьевск). – Москва : Конверт, 2019. С. 137–139.

Д. С. Черных, инженер-конструктор, d_s_555@bk.ru
АО «ИЭМЗ «Купол», Ижевск

Оптимизация аэродинамических характеристик радиатора для РЖД

Рассматривается способ оптимизации аэродинамических характеристик радиатора для РЖД, выпускаемых на предприятии АО «ИЭМЗ «Купол». Автор раскрывает основные моменты способа оптимизации за счет уменьшения диаметра трубок и изменения конструктива ламельного оребрения. Способ подразумевает использование отработанных технологий и не требует переоснащения производства, то есть без дополнительных капиталовложений.

Ключевые слова: плоская ламель, радиатор РЖД, аэродинамическое сопротивление, шаг оребрения, оптимизация радиатора.

Введение

На АО «ИЭМЗ «Купол» выпускают радиаторы для подвижных составов РЖД, используемые в системах охлаждения силовых агрегатов повышенной мощности. Ранее были проведены исследования по повышению энергоэффективности радиаторов РЖД за счет перехода от одноходовой схемы к трехходовой [1], имеющие наилучшие теплотехнические характеристики. В процессе был разработан радиатор НХП 159, который был направлен на испытания во Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ). По результатам испытаний получены данные: теплоэффективность 1025 Вт/°С, что выше установленной в качестве эталонной во ВНИИЖТ, теплоэффективность в 615 Вт/°С; аэродинамическое сопротивление 1158 Па, что превышает эталонный показатель (800 Па) на 358 Па.

Проведение исследований

После проведенных испытаний во ВНИИЖТ были проведены исследования по снижению показателей аэродинамических характеристик, в результате которых принято решение заменить гофрированное оребрение на плоские ламели.

В процессе исследования были проведены расчеты на обтекание гофрированной (рис. 1) и плоской (рис. 2) ламелей при помощи методик С. С. Бермана с помощью программного комплекса Flow Vision.

По результатам расчета снижение аэродинамического сопротивления при переходе с гофрированной ламели на плоскую на 19,3 % (рис. 3). В дальнейшем по результатам расчетов были разработаны несколько макетов радиаторов с плоскими ламелями и разным шагом оребрения: НХП 175 с шагом 2,1; 175-01 с шагом 2,4; 175-02 с шагом 2,8. На макетах проведено сравнительное испытание

в лаборатории на базе комплекса ЕТС, результаты аэродинамических показателей следующие: НХП 175 = 463 Па; НХП 175-01 = 425 Па; НХП 175-02 = 393 Па.

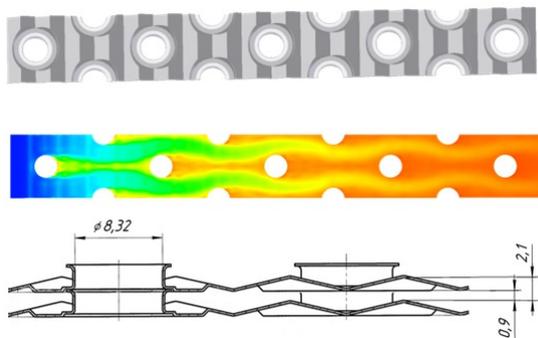


Рис. 1. Гофрированная ламель: длина оребрения 195 мм, ширина 25 мм, толщина 2,1 мм, аэродинамическое сопротивление 945,0 Па

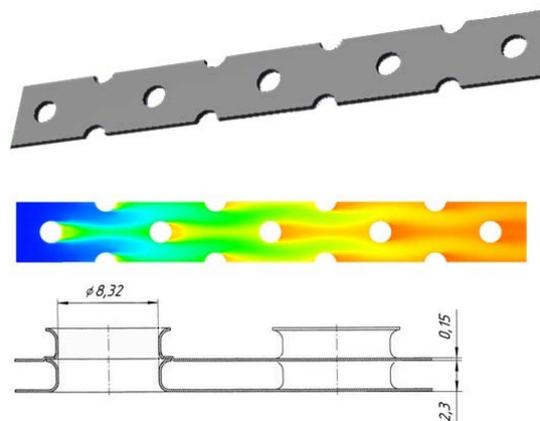


Рис. 2. Плоская ламель: длина оребрения 195 мм, ширина 25 мм, толщина 0,15 мм, аэродинамическое сопротивление 762,6 Па

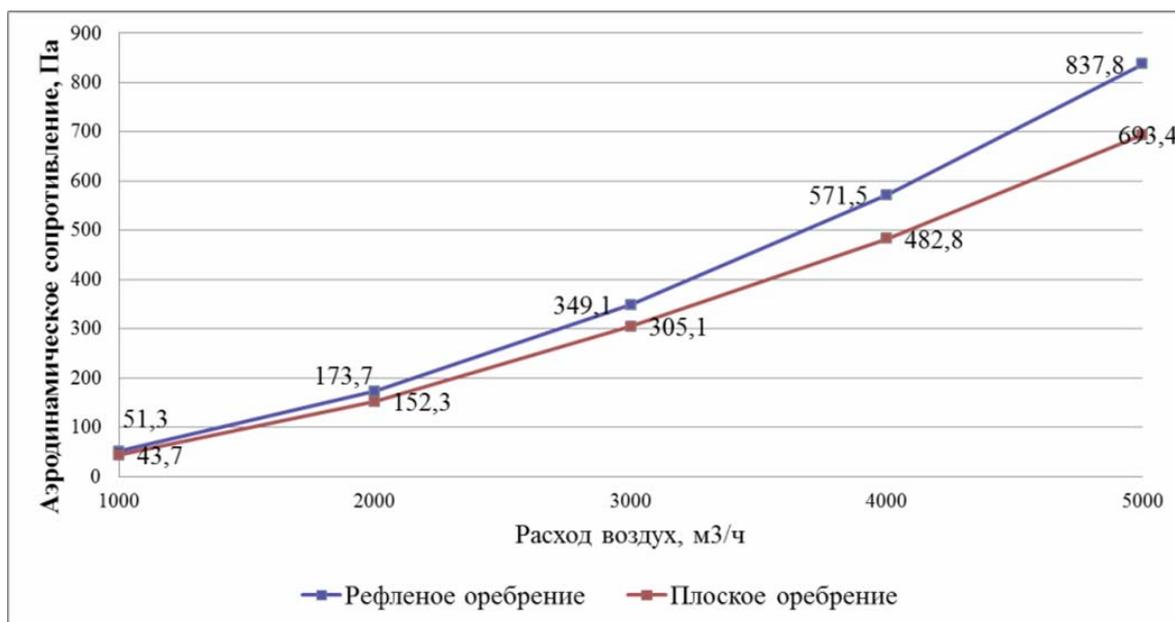


Рис. 3. Диаграмма зависимости аэродинамического сопротивления от расхода воздуха радиаторов с рифлеными и плоскими ламелями

Новые разработки

На основании проведенных испытаний был разработан трехходовой образец секции воздушного радиатора при регламентированном направлении воды «противоток» НХП 184 с плоскими ламелями и оптимальным шагом оребрения 2,1 мм, который был направлен на испытания во ВНИИЖТ. По результатам испытаний получены следующие данные (рис. 4, а, б): теплоэффективность 885 Вт/°С, что выше эталонной (615 Вт/°С) на 270 Вт/°С; аэродинамическое сопротивление 710 Па, что ниже и лучше эталонного (800 Па) на 90 Па.

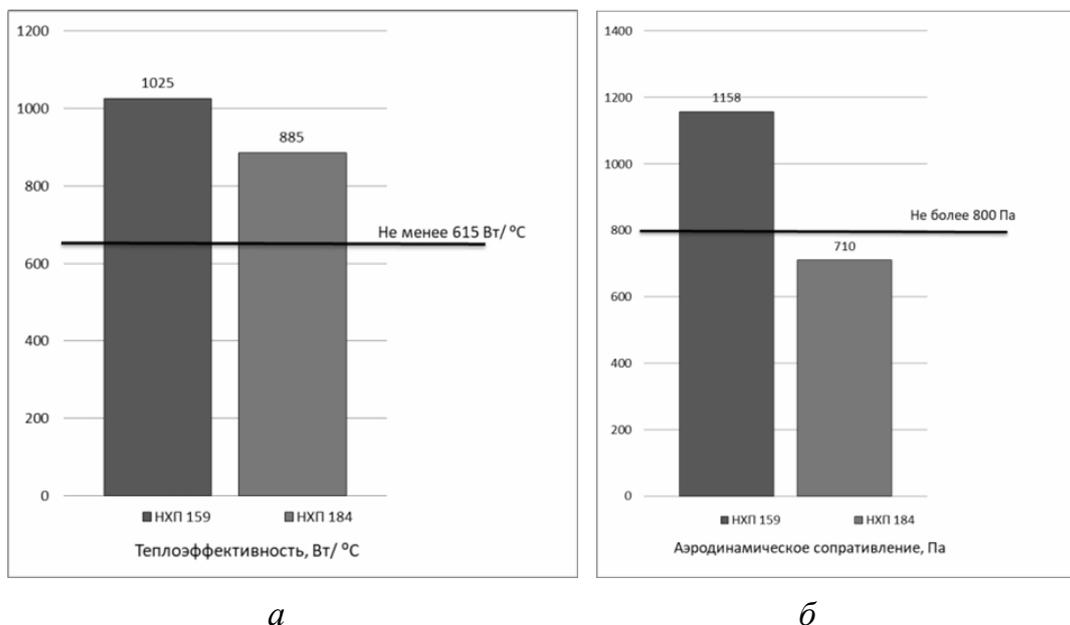


Рис. 4. Сравнительная диаграмма теплоэффективности радиаторов НХП159 и НХП184 с эталоном (а); сравнительная диаграмма аэродинамического сопротивления НХП159 и НХП184 с эталоном (б)

Выводы

В результате работы по оптимизации аэродинамических характеристик радиатора РЖД, показатели образцов секции воздушного радиатора НХП 184 в сравнении с НХП 159 улучшились на 38,7 %, в сравнении с эталоном лучше на 11,25 %.

Список использованных источников

1. Исупов, Р. Ю. Повышение энергоэффективности радиаторов подвижного состава РЖД / Р. Ю. Исупов, М. И. Артемихина // Сборник материалов XXIX Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов и Форума научно-технического творчества молодежи АО «ИЭМЗ «Купол». – 2020.

Содержание

Раздел I. «Выставка инноваций – 2021»: доклады молодых ученых ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова

<i>Басов И. В., Хуссин С. М., Суфиянов В. Г.</i> Трехмерная визуализация движения гексакоптера в среде Unigine	3
<i>Булат А. В., Пудов И. А.</i> Пластичность напечатанного трехмерного бетона, армированного стальными волокнами	9
<i>Булатова К. Г., Гаврилова В. С., Данилова А. А.</i> Разработка приложения для студентов и преподавателей университета, оптимизирующего время	15
<i>Гараев С. И., Вычужанина Е. Ф.</i> Разработка технологии игры для формирования профессиональных компетенций менеджера	19
<i>Головков Я. И., Корчемкин Н. А., Шихов Е. А., Яппаров Р. Р., Трефилов С. А.</i> Лаборатория систем технического зрения	23
<i>Ешметьев Д., Перминова О. М.</i> Информационное пространство формирования социальной компетентности молодежи	27
<i>Желтышев А. В., Шлыков Д. Г.</i> Факторы, влияющие на затухание сигнала в волновом канале линии электропередачи	32
<i>Зеленова А. С., Евстафьева В. С., Данилова А. А.</i> Разработка левитирующих горшков с кнопкой для растений на основе домашних горшков	35
<i>Зиятдинов С. Ф., Копысов А. Н.</i> Методы подключения абонентов к сети Интернет с помощью оптоволоконных и медных кабелей в многоквартирных и частных домах	39
<i>Илтубаева Е. Ю., Буторина И. А., Данилова А. А.</i> Разработка браслета новорожденных, показывающего состояние здоровья ребенка	43
<i>Исаев В. А., Тюрин А. П.</i> Новые технологии в строительстве и вопросы охраны труда	47
<i>Карачев Е. В., Благодатский Г. А.</i> Информационная система для проведения иерархических экспертиз	51
<i>Корепанов К. Э., Шибанов Р. Э., Кайсина И. А., Абилов А. В., Ламри М. А.</i> Анализ моделей распространения радиосигнала для имитационного моделирования беспроводных сетей в среде NS-3	66
<i>Коробейникова П. С., Зубкова Ю. В.</i> Мобильный учебный робот	73
<i>Корчемкин Н. А., Яппаров Р. Р., Трефилов С. А.</i> Моделирование системы управления бесколлекторным двигателем постоянного тока и шаговым двигателем в пространстве состояний с использованием дискретного линейно-квадратичного регулятора	76
<i>Ксаткин В. М., Кайсина И. А., Кайсин А. Е., Абилов А. В., Кузнецов В. С., Шинкевич М. В.</i> Концепция перспективной системы проводного питания БПЛА на основе анализа существующих систем	80
<i>Морозов А. А., Соболева Е. В.</i> Установка для исследования АЧХ пьезопреобразователей	89
<i>Мохова Н. М., Мокина Ю. О., Симченко О. Л.</i> Сравнительный анализ наиболее эффективных теплоизоляционных материалов стен жилых зданий, применяемых в строительстве	95
<i>Наймушина В. Н., Егорова Е. Э., Милич В. Н.</i> Цифровая селекция гидроакустических сигналов	100
<i>Никифоров М. А., Процкий А. В., Полянских И. С.</i> Исследование влияния солей кальция на электрофизические и механические свойства бетона	104

<i>Николаева Е. А., Груздь С. А.</i> Математическое моделирование поведения ударной волны в помещении	111
<i>Пермяков Р., Тестова И. Н.</i> Выравнивание производственной нагрузки методом питча	116
<i>Порсев Ю. А., Вдовин А. Ю., Марков Е. М., Федорова Е. А.</i> Расчет необходимых характеристик высокоскоростной видеокамеры для системы оценки параметров движущихся частей стрелкового оружия	121
<i>Пухарев В. Е., Семенов М. А.</i> Проект компактной снайперской винтовки	127
<i>Риффель Е. А., Иштубаева В. Ю., Данилова А. А.</i> «Умный подъезд»	134
<i>Рябова Д. А., Русских Н. А., Шадрин Р. О., Шаламова А. В.</i> Обучение безопасности труда в рамках технологии модульного обучения с использованием мобильного приложения	138
<i>Санников П. А., Лекомцев П. В.</i> Предпосылки к разработке системы управления шаговым электроприводом с обратной связью	142
<i>Сергеева Е. С., Кочеткова А. П., Симченко О. Л.</i> Оценка состояния доступности объектов социальной инфраструктуры для маломобильной категории населения	147
<i>Симченко О. Л., Калаев В. П., Новиков М. Ю.</i> Сравнительный анализ технико-экономических показателей легких стропильных ферм с параллельными поясами пролетом 24 м из парных уголков и ферм из гнутосварных профилей типа «Молодечно» с использованием программного комплекса SCAD OFFICE	151
<i>Соковнина О. В., Микрюкова Е. М.</i> Разработка руководства по эксплуатации водозаборного сооружения Яковлевского обогатительного рудного комбината	157
<i>Соломенникова У. В., Чурина С. Р., Алиев Э. В.</i> Аптечка SMART-BOX	162
<i>Соломенникова У. В., Чурина С. Р., Алиев Э. В.</i> Разработка адаптирующейся системы автоматизации визуального контроля	165
<i>Сотникова М. В., Медведева А. П., Волков М. А., Гордина А. Ф.</i> Гипсовые композиции, модифицированные дисперсной силикатной добавкой	168
<i>Суворова Е. В., Микрюкова Е. М.</i> Удаление этиленгликоля из сточных вод аэропорта, в том числе его регенерация	173
<i>Суфиянов В. Г., Ключин Д. А.</i> Построение и анализ качества структурированных расчетных сеток для простейших объемных тел	178
<i>Тугбаева А. С., Милич В. Н.</i> Методы поиска скрытых закономерностей в отраженных гидроакустических сигналах	186
<i>Ходырев Г. В., Трефилов С. А.</i> Разработка лабораторного стенда на основе времяпролетной камеры для объемного сканирования объектов	191
<i>Черепанов С. С., Вавилов В. А., Фахразиев И. И., Хворенков Д. А.</i> Методы планирования тепловой энергии на теплоэнергетических предприятиях	196
<i>Чирков Д. В., Федорова Е. А., Санников И. А., Романов Е. В.</i> Модульная система индивидуального автоматического оружия с отдачей полусвободного затвора	200
<i>Шаимов А. Р., Касимов П. М., Шишаков К. В.</i> Формирование системы критериев для оценки эффективности адаптивно настраиваемых структур полихромных сетей	205
<i>Шаимов А. Ю., Копысов А. Н.</i> Гетерогенные сети связи и параметры оценки сетевого пространства	211
<i>Шаклеин М. А., Кайсина И. А., Кузнецов В. С., Шинкевич М. В.</i> Разработка лабораторного стенда управления линейной направляющей	218
<i>Ширяева Ю. А., Васильев В. А.</i> Насос трехплунжерный с гидрообъемным приводом	223
<i>Шихов Е. А., Никитин Ю. Р., Трефилов С. А.</i> Разработка лабораторного стенда управления линейной направляющей	228
<i>Шмырев А. В., Данилова А. А.</i> Умная ручка с дисплеем изменения цвета написания и роликом регулирования толщины линий	232
<i>Щербаков Р. А., Сидорова Ю. А., Данилова А. А.</i> Шлем специального назначения	237

<i>Юферев К. Н.</i> Технико-экономическое обоснование внедрения RFID-технологии на предприятии	240
--	-----

**Раздел 2. XI Научно-техническая конференция молодежи
АО «ИЭМЗ «Купол» (студенческая секция)**

<i>Петрова Т. Л., Сабурова Е. А., Катышева И. В.</i> Оценка эффективности обучения персонала на АО «ИЭМЗ «Купол»	246
<i>Пушина Н. В., Тверитин М. А.</i> Эволюция магазинов автомата Калашникова и перспектива развития	252
<i>Тверитин М. А., Пушина Н. В.</i> Анализ конструкций магазинов большой емкости для индивидуального оружия	260
<i>Хоменко М. М., Шляев С. А.</i> Обоснование технологии выбора металлообрабатывающего оборудования на основе правил нечетких множеств	271
<i>Черных Д. С.</i> Оптимизация аэродинамических характеристик радиатора для РЖД	277

Электронное научное издание

«ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ – 2021» (ВЕСЕННЯЯ СЕССИЯ)

Сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов
(Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 22 апреля 2021 г.)
и XL Научно-технической конференции молодежи
АО «ИЭМЗ «Купол»
(Ижевск, ИЭМЗ «Купол», 23 марта 2021 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети:
http://innobinc.ru/~files/finder/file/sbornik_vi_2021_1.pdf

Дата размещения на сайте: 06.08.2021

В редакции авторов

Технический редактор *С. В. Звягинцова*
Корректор *Я. В. Олина*
Верстка *Н. В. Паклиной*

Подписано к использованию 02.08.2021. Уч.-изд. л. 11,50. Объем 10,4 МБ. Заказ № 122

Издательство управления информационных ресурсов
Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова
426069, Ижевск, Студенческая, 7